
DOMINE
UT
VIDEAM

DIE SEHSCHÄRFE DES MENSCHEN UND IHRE PRÜFUNG.

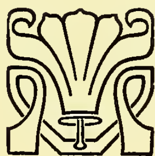
EINE PHYSIOLOGISCH-OPHTHALMOLOGISCHE STUDIE

VON

LEOPOLD LÖHNER,

DR. MED. ET PHIL.,

ASSISTENTEN AM PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTE DER UNIVERSITÄT GRAZ.



LEIPZIG UND WIEN.

FRANZ DEUTICKE.

1912.

Verlags-Nr. 1988.

Druck von Rudolf M. Rohrer in Brünn.

Inhaltsübersicht.

	Seiten
Einleitung	1— 3
Umgrenzung des Begriffes „Sehschärfe“	4—17
Verschiedene Fassungen des Begriffes. — Absolute Sehschärfe. — Natürliche Sehschärfe (Sehleistung). — Relative Sehschärfe. — Reduzierte Sehschärfe. — Spezifische Sehschärfe. — Zentrale, parazentrale und periphere Sehschärfe. — Hell- und Dunkelsehschärfe, Zapfen- und Stäbchensehschärfe. — Flächen- und Tiefensehschärfe.	
Definition des Begriffes „Sehschärfe“	18—23
Zugrundelegung der Begriffe ,,optisches Auflösungsvermögen“, ,,optischer Raumsinn“ und ,,optischer Formensinn“. — Erkennungsschärfe (C. Hess). — Punktsehschärfe.	
Die Komponenten der Sehschärfe	24—45
1. Präretinale (dioptrische) Komponente	24—34
Bildentstehung und Berechnung. — Gesichtswinkel (Knotenpunktswinkel). — Visierlinienwinkel — Distinktionswinkel. — Knotenpunkts-, Hauptpunkts- und Brennpunktswinkel. — Unvollkommenheit des dioptrischen Apparats und ihre Kompensationen. — Dioptrische Bedeutung der Iris.	
2. Retinale (perzeptorische) und postretinale Komponente	34—45
Retinamosaik. — Empfindungskreise. — Licht- und Farbensinn. — Optischer Raumsinn. — Optisches Auflösungsvermögen. — Optischer Formensinn. — Kontrast. — Konstanz der Farben der Sehdinge. — Einfluß der Beobachtungsdauer. — Psychische Momente.	
Zur Methodik der Sehschärfeuntersuchungen	46—59
1. Beleuchtung	46—52
Natürliche und künstliche Beleuchtung. — Künstliche Lichtquellen. — Methoden zur Abstufung der Lichtintensität. — Abhängigkeitsverhältnis der Sehschärfe von der Beleuchtungsintensität.	

Seiten

2. Versuchsanordnungen . . . . 52— 59

Versuchsraum. — Methode mit veränderbarer Distanz, Methode mit fixer Distanz. — Methode mit durchfallendem Lichte, Methode mit auffallendem Lichte. — Bemerkungen über die Herstellung von Probeobjekten.

Die Sehproben . . . . 60— 80

1. Buchstabenproben . . . . 60— 76

Konstruktionsprinzip. — Theoretische und praktische Mängel. — Ungleichwertigkeit der Zeichen. — Verbesserungen. — Neue Versuche über die Erkennbarkeit E-ähnlicher Probeobjekte. — Der gegenwärtige Stand der Buchstabenprobenfrage. — Die „internationalen Sehproben".

2. Punktproben . . . . 76— 80

Guillerys Sehproben. — Kritik der Punktproben. — Burchardts „Tüpfelproben". — Wolffbergs Punktzeichen.

Vergleichende Untersuchungen über Punkt-, Doppelpunkt- und Ziffernproben . . . . 81—100

Plan der Versuche. — Ungleichwertigkeit der „Erkennungsschärfe" und der „Punktsehschärfe" und ihre Ursachen. — Scharfe und unscharfe Punktbilder, ihre Abhängigkeit von der Beleuchtung und von individuellen Faktoren. — Gleichsinnige Beeinflussung von Punkt- und Ziffernproben durch die Beleuchtung. — Scharfe und unscharfe Ziffernbilder bei wechselnder Beleuchtung. — Versuche mit Doppelpunktproben.

Schlußbemerkungen . . . . 101—103

Literaturverzeichnis . . . . 104—136

Einleitung.

Der Umfang und Inhalt des Begriffes „Sehschärfe“ hat im Laufe der Jahre mit den Fortschritten der Erkenntnis manche Wandlungen durchgemacht. Wenn überhaupt, dann gilt es hier, daß fast jede neue Untersuchung dargetan hat, um wieviel verwickelter die in Betracht kommenden Verhältnisse liegen, als man vorher anzunehmen geneigt war.

Damit wuchs naturgemäß auch der Einblick in die ungeahnten Schwierigkeiten, die sich einer einwandfreien Bestimmung der Sehschärfe entgegenstellen.

Es war vorerst nicht anzunehmen, daß man bei der Sehschärfebestimmung als einer Sinnesfunktionsprüfung auf wesentliche Hindernisse stoßen würde und das Problem der Auffindung und der Art und Weise der Handhabung geeigneter Probeobjekte schien durch Snellens Methode in glänzender Weise gelöst. Daß diese Methode aber doch nicht vollkommen entsprach, geht vielleicht am besten aus den zahlreichen, späteren Abänderungs- und Verbesserungsversuchen hervor. Die schier endlose Zahl der „Sehproben“ und ihre verschiedenartigen Anwendungsvorschriften, die mit mehr oder minder Glück den jeweiligen theoretischen Forderungen Rechnung zu tragen suchen, sind ein Beleg dafür.

Den Ausdruck „endlos“ wird man entschuldigen, sobald man einen Blick auf die nachfolgende Liste von Sehproben-Konstrukteuren und -Herausgebern wirft, die wahrscheinlich immer noch keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann: Küch-

ler (1843), Jäger (1854), Snellen (1862), Dyer (1862), Giraud-Teulon (1863), Green (1869), Boettcher (1870), Burchardt (1870), Cowell (1870), Reich (1870), Javal (1873), Monoyer (1875), Schweigger (1876), de Wecker (1877), Wood (1880), Albini (1881), Mayerhausen (1882), Nieden (1882), Brailey (1883), Galezowski (1883), Pflüger (1883), St. Petersburger Augenhospital (1885), Oliver (1885), Cohn (1886), Csapodi (1886), Dennet (1886), Wecker und Masselon (1886), Parinaud (1888), Abbott (1889), Culver (1889), Landolt (1889), Lotz (1889), Mitkjewitsch (1889), Parent (1890), Reich (1890), Guillery (1891), Jackson (1891), Dohnberg (1892), Krükow (1892), Norrie (1892), Schneller (1892), Steiger (1892), Wolffberg (1892), Albrand (1893), Magawly (1893), Straub (1893), Lawford (1895), Weiß (1895), Foster (1897), Gould (1897), Schuh (1897), Roth (1899), Heimann (1901), Ewing (1902), Heine (1902), Reimer (1902), Presas (1903), Kern und Scholz (1904), Black (1905), Rothenaicher (1905), v. Siklossy (1905), Berry (1906), Koster (1906), Armaignac (1907), v. Ammon (1909), Blanco (1909), Bourgeois (1909), Hess [„Internationale Sehproben"] (1909), Pichler (1909), Terson (1909), Berger (1910), Fridenberg (1910).

Die bis in die jüngste Zeit reichenden Modifikationen und Verbesserungen der Sehproben sind der sprechendste Beweis dafür, daß die ganze Frage auch bis heute noch keine völlig befriedigende Lösung gefunden hat, ja zurzeit noch kaum absehen läßt. Gewisse, nicht zu unterschätzende Schwierigkeiten ergeben sich auch stets aus den Widersprüchen zwischen einzelnen theoretischen Forderungen (z. B. Ausgang vom stets gleichen Adaptationszustande u. dgl. m.) und der Möglichkeit ihrer Durchführung vom Standpunkte des Praktikers.

Ich möchte nun gleich eingangs ausdrücklich bemerken, daß mir gewiß nichts ferner liegt, als die Reihe der Sehproben um eine weitere zu vermehren. Ein derartiges Unterfangen wäre auch alles eher denn gutzuheißen, seit auf dem XI. internationalen Ophthalmologenkongreß zu Neapel im Jahre 1909 die „Internationalen Sehproben" angenommen wurden.

Die vorliegende Studie verfolgt andere Ziele. Sie verdankt ihre Entstehung Untersuchungen, die angestellt wurden, um die

zurzeit noch wenig bekannten und systematisch nicht untersuchten Beziehungen zwischen „Punktsehschärfe“, „optischem Auflösungsvermögen“ und „Erkennungsschärfe“ klarzustellen. Die eingehende Beschäftigung mit der so umfangreichen Sehschärfeliteratur gab den Anstoß zu einer Behandlung des Gegenstandes auf breiterer Grundlage. So entstand die vorliegende monographische Skizze über dieses auch praktisch so wichtige Kapitel der physiologischen Optik, — keineswegs in der Absicht unternommen, dieses Thema erschöpfend zu behandeln.

Umgrenzung des Begriffes „Sehschärfe“.

Überblickt man die zahlreichen Arbeiten, die sich mit der „Sehschärfe“ beschäftigen, so kann ohneweiters behauptet werden, daß unter dieser Bezeichnung sehr Verschiedenes verstanden wurde. In letzter Linie lassen sich aber alle diese mehr oder minder deutlich ausgesprochenen Definitionen in folgenden drei Hauptgruppen unterbringen:

1. Die Sehschärfe ist identisch mit der Sehleistung im weitesten Sinne;
2. die Sehschärfe entspricht der Perzeptionstüchtigkeit der Netzhaut;
3. die Sehschärfe ist das Produkt mehrerer Faktoren, unter denen neben der Perzeptionsfähigkeit der Netzhaut auch der dioptrische Apparat und der Übertragungsmechanismus auf die nervösen Zentralorgane eine Rolle spielt.

Die älteste Fassung des Begriffes entspricht der an erster Stelle aufgeführten Definition. Eine ganz ähnliche Bedeutung wird übrigens in Laienkreisen auch heute noch dem Worte „Sehschärfe“ vielfach beigelegt. Danach schrieb man einem Auge um so größere Sehschärfe zu, je kleinere Gegenstände oder Einzelheiten eines Gegenstandes es zu erkennen vermochte und in je größerer Entfernung es einen Gegenstand von bestimmter Größe erkannte. Es handelt sich hierbei also lediglich um ein Maß für die Funktionstüchtigkeit dieses Sinnesorgans, um den Endeffekt, ohne daß dabei auf die jeweiligen Refraktions- und Akkommodationszustände oder auf Trübungen und sonstige Veränderungen der brechenden Medien Rücksicht genommen wird. Nach dieser Definition deckt sich der Begriff Sehschärfe also in gewisser Hin-

sicht mit dem, was wir heute als Sehleistung des Auges im weiteren Sinne bezeichnen.

Doch bald rang sich die Anschauung durch, daß die Grenzen des Begriffes wesentlich enger gezogen werden müssen. Man verfiel in das andere Extrem und verstand nun vielfach unter Sehschärfe lediglich den Grad der Funktionstüchtigkeit der Netzhaut. Eine Bestimmung der Sehschärfe im Sinne der gegebenen Definition blieb allerdings ein Ding der Unmöglichkeit. Wir sind nicht in der Lage, mit unseren Methoden ausschließlich die Perzeptionsfähigkeit der Retina einer Prüfung zu unterziehen; ihr Grad kann vielmehr nur auf Umwegen erschlossen werden.

Immer wird das, was wir als Sehschärfe bestimmen, das Produkt mehrerer Faktoren sein. Diese mitbeteiligten Faktoren können allerdings bei den meisten Erörterungen stillschweigend übergangen werden und bei manchen Autoren dürfte auch nur lediglich das der Fall sein, wenn sie von der Sehschärfe im obigen Sinne sprechen. Wohl fast allgemein wird man sich heute daher zu der an dritter Stelle angeführten Definition bekennen: die Sehschärfe ist das Produkt mehrerer Faktoren. Zweifellos stellt auch in diesem Falle das Perzeptionsvermögen der Netzhaut das wichtigste Moment dar. Es bleibt aber zu bedenken, daß der Charakter des Netzhautbildes, seine Größe und Schärfe vom dioptrischen Apparat beeinflußt wird, die Bildwahrnehmung aber von der Art und Weise der Übertragung der von der Retina aufgenommenen Eindrücke auf die nervösen Zentralorgane und ihre Verarbeitung daselbst. Wir sehen also drei Komponenten zusammenwirken, von denen die erste vor, die zweite in und die dritte hinter den Netzhautbereich zu verlegen ist. Ich möchte sie als präretinale oder dioptrische, als retinale oder perzeptorische und als postretinale Komponente bezeichnen. Das Nähere über die einzelnen Faktoren sowie über die Art und Weise der Gesamtbeeinflussung durch sie wird in einem späteren Kapitel behandelt werden.

Hier sei lediglich im Hinblick auf die erste Komponente betont, daß man, sobald man von der Sehschärfe im physiologischen Sinne („absolute Sehschärfe“ Donders) spricht, vollständige Intaktheit des dioptrischen Apparates, d. h. also auch

emmetropische Refraktion und vollständige Erschlaffung des Akkommodationsapparates, voraussetzt. Untersucht man ein Auge, das an Refraktions- oder Akkommodationsanomalien leidet, ohne Gläserkorrektion, so bestimmt man lediglich dessen Sehleistung. Als „Sehleistung im engeren Sinne“ (Deutsche Marineordnung 1889, H. Triepel 1894, H. Cohn 1896) — Synonyme dafür sind auch „relative Sehschärfe“[1] und „natürliche Sehschärfe“[2] — bezeichnet man also die nicht durch optische Hilfsmittel erhöhte Leistungsfähigkeit des Auges. Wolffberg[3] definiert sie als den auf einen normalen Gesichtswinkel sich beziehenden zahlenmäßigen Ausdruck für das Erkennen von Sehobjekten bei schwarz-weißem Kontrast und günstiger Beleuchtung.

In gewissen Fällen decken sich die Begriffe Sehschärfe und Sehleistung; das ist der Fall beim dioptrisch normalen Auge und Wolffberg definiert die Sehschärfe geradezu als die Sehleistung des dioptrisch normalen oder dioptrisch ausgeglichenen Auges. Hierher gehören aber auch die schwächeren Grade von Hypermetropie, bei denen mittels der Sehproben für Sehleistung und Sehschärfe dieselben Werte ermittelt werden. Es ist dies möglich, weil auch ohne korrigierende Gläser durch Akkommodationsanstrengung von den gesehenen Objekten noch deutliche Bilder auf der Retina entworfen werden. Im andern Falle kommt es dagegen zum Sehen in Zerstreuungskreisen und zu wesentlichen Unterschieden zwischen den beiden Prüfungsergebnissen.

Die Sehleistung eines ametropischen Auges erlaubt an und für sich noch keine Rückschlüsse auf die absolute Sehschärfe des betreffenden Auges. Diese letztere läßt sich aber ermitteln, da die Netzhautbilder entfernter Objekte in achsenametropischen Augen gleiche Größe haben, wie in ruhenden emmetropischen, wenn die Ametropie durch ein im vorderen Brennpunkte (im Mittel 13 *mm* vor der Hornhaut) befindliches Glas korrigiert ist. „Man erhält die absolute Sehschärfe aus der natürlichen, indem

[1] Fuchs (195), S. 786.

[2] Gullstrand (251, *c*), I. Bd., S. 313.

[3] Wolffberg (628), S. 418.

Die in Klammern beigesetzten Zahlen beziehen sich auf das angeschlossene Literaturverzeichnis.

man für jede Dioptrie Ametropie 1·5 % bei Hypermetropie zu ihr zuzählt, bei Myopie von ihr abzieht[1]."

Befindet sich die Korrektionslinse dagegen nicht im vorderen Brennpunkte des achsenametropischen Auges, dann stimmt die Größe der zustande kommenden Netzhautbilder von unendlich entfernten Gegenständen mit denen eines ametropischen Auges nicht überein. Handelt es sich um Konkavlinsen, so erfährt das Bild eine Vergrößerung, wenn sich die Linse diesseits des vorderen Brennpunktes, eine Verkleinerung, wenn sie sich jenseits desselben befindet. Für Konvexlinsen gilt das Umgekehrte; das Netzhautbild erscheint verkleinert, wenn sich die Linse diesseits, vergrößert, wenn sie sich jenseits des vorderen Brennpunktes befindet. Praktisch genommen liegt meistens der letztere Fall vor, so daß man für gewöhnlich sagen kann: Konkavgläser verkleinern, Konvexgläser vergrößern das Netzhautbild. Auf diese Verhältnisse in einer physiologischen Studie des näheren einzugehen, verbietet sich von selbst. Sie können hier nur insoweit berührt werden, als sie für das Verständnis der Begriffe absoluter und relativer Sehschärfe nötig erscheinen.

Es sei ferner bemerkt, daß Gullstrand[2] den Ausdruck „relative Sehschärfe" neuerdings in anderem Sinne braucht. Er bezeichnet damit den scheinbaren Wert der Sehschärfe, der gefunden wird, wenn man bei der Untersuchung der Sehschärfe unter Zuhilfenahme eines mit dem Auge kombinierten optischen Instrumentes die Spitze des zur Messung angewendeten Distinktionswinkels (vgl. S. 27) in den vorderen Hauptpunkt des vorgeschalteten Systems verlegt.

Leber[3] bezeichnet diejenige Sehschärfe, die ein Auge, sei es emmetropisch oder ametropisch, ohne Zuhilfenahme von Korrektionsgläsern besitzt, als wahre oder wirkliche Sehschärfe, die mit Hilfe von Korrektionsgläsern erhaltene als korrigierte Sehschärfe. Bordier[4] trifft dieselbe Unterscheidung und verwendet dafür die Ausdrücke wirkliche und scheinbare Sehschärfe.

---

[1] Hess (265), S. 205.

[2] Gullstrand (251, *c*), I. Bd., S. 314.

[3] Leber (357), S. 221.

[4] Bordier (74), S. 355.

Salzmann[1] hat für das Sehen in Zerstreuungskreisen den Begriff „reduzierte Sehschärfe“ vorgeschlagen. Er nimmt als Einheit einen Zerstreuungskreis an, der bei einem Einstellungsfehler von 1 Dioptrie und einem Pupillenhalbmesser von 1 *mm* entworfen wird. Durch Rechnung fand er, daß die normale Sehschärfe durch die Einheit des Zerstreuungskreises um einen bestimmten Grad herabgesetzt wird. Diese auf die Einheit des Zerstreuungskreises reduzierte Sehschärfe bezeichnet er als „reduzierte Sehschärfe“ schlechtweg.

Ein Zeit- und Raummaß, das für die Bewertung der Leistungen von Sehorganen verschiedener Tierklassen Bedeutung besitzt, wurde von Pütter[2] unter der Bezeichnung „Spezifische Sehschärfe“ in die vergleichende Physiologie eingeführt. „Wenn ein Tier einen Gegenstand, z. B. ein Hindernis erkennt, wenn es so weit davon entfernt ist, daß dasselbe erst in der zehnfachen Reaktionszeit erreicht werden würde, so hat das Tier noch genug Zeit, seine Bahn zu ändern und so den Zusammenstoß zu vermeiden (Hindernis) oder herbeizuführen (Beute).“ Die spezifische Sehschärfe eines Tieres findet ihren Ausdruck in der Größe des Gegenstandes, „der noch wahrgenommen werden kann in einer Entfernung, die definiert ist durch den Weg (bei voller Geschwindigkeit) in der zehnfachen Reaktionszeit“.

Die beträchtlichen Unterschiede in funktioneller Beziehung, die zwischen den zentralen und den peripheren Netzhautbezirken bestehen, haben bekanntlich ein Auseinanderhalten zwischen dem direkten und dem indirekten Sehen veranlaßt. Demgemäß pflegt man auch zwischen einer zentralen und peripheren Sehschärfe zu unterscheiden; ja sogar eine Dreiteilung nach Netzhautregionen in eine zentrale, parazentrale und periphere Sehschärfe läßt sich rechtfertigen.

Die entsprechende regionäre Abgrenzung läßt einige Bemerkungen über die Netzhauthistologie nicht gut umgehen, da neuerdings in dieser Hinsicht manche Unklarheiten bestehen.

Nach den älteren Anschauungen[3] zeichnet sich der für das Sehen wichtigste Teil der ganzen Netzhaut, die Macula lutea,

---

[1] Salzmann (503), S. 102.

[2] Pütter (468), S. 376.

[3] Vgl. Sivén (540), S. 312.

durch den Gehalt eines intensiv gelben Farbstoffes aus, der an dieser Stelle sämtliche Schichten der Retina mit Ausnahme der Stäbchen- und Zapfenschichte durchtränkt. In der Mitte der Macula findet sich eine vertiefte helle, wie es scheint, farblose Stelle, die Fovea centralis, vor, deren Durchmesser mit 0·2—0·4 *mm* angegeben wird. Diese umschließt ein intensiv gelber Ring, der mit ersterer eine Ausdehnung von 0·88—1·5 *mm* erreicht. Peripher folgt sodann ein schwächer gelbgefärbter Hof, mit dem zusammen der „gelbe Fleck“ eine Ausdehnung von 2—3 *mm* erlangen kann.

Dimmer[1] gab eine andere Darstellung der Verhältnisse. Nach ihm begegnet man ungefähr 4 *mm* lateral von der Sehnervenpapille einer leicht vertieften Netzhautstelle von kreisrunder oder querovaler Form und ungefähr 1·5 *mm* Durchmesser, die er als Fovea centralis retinae bezeichnet. In der Mitte derselben findet sich in wechselnder Ausdehnung, aber stets kleiner als die Fovea selbst, eine Farbstoff führende Macula lutea vor. Im Zentrum des gelben Fleckes kann eine engbegrenzte, stärker vertiefte, aber gleichfalls pigmentierte Stelle, die sogenannte Foveola, vorkommen.

Gullstrand[2] hat es neuerdings durch ein Reihe von Arbeiten im hohen Grade wahrscheinlich gemacht, daß die Macula lutea nichts anderes darstelle als eine postmortale Veränderung und daß eine typische Gelbfärbung dem lebenden Auge fehle. Unter diesen Umständen erscheint die Bezeichnung „Macula lutea“ natürlich gänzlich unsicher und wertlos und ist am besten zu vermeiden. In diesem Sinne hat sich auch G. Fritsch[3], dem wir die neuesten Untersuchungen auf dem Gebiete der Netzhauthistologie verdanken und dessen Nomenklatur ich folgen möchte, auf dem VIII. Internationalen Physiologenkongreß zu Wien (1910) geäußert. Seine Ausführungen gipfeln in dem Satze: Der Ort des deutlichen Sehens ist als Area centralis zu bezeichnen; sie besitzt eine rundlichovale Form, ist zuweilen von einem scharfen Rand (Limbus) umgrenzt und kann eine zentrale Einsenkung, die Fovea centralis, eventuell noch mit einer Foveola, tragen, erscheint aber vielfach ohne solche.

[1] Dimmer (156), S. 504.

[2] Gullstrand (243), S. 141 ff.

[3] Fritsch (193), S. 796.

Die genaue Kenntnis der feineren Histologie der Netzhaut, besonders der aus theoretischen Gründen am meisten interessierenden Schichte der Stäbchen und Zapfen, läßt trotz vieler verwendeter Mühe noch manches zu wünschen übrig. Die Hinfälligkeit des Gewebes bereitet die größten technischen Schwierigkeiten. Zudem sind tierische Netzhäute für diesen Zweck deshalb ungeeignet, weil die hauptsächlich in Betracht kommende Area centralis der meisten Säugetiere von der des Menschen wesentlich abweicht. Eine typische Macula lutea wurde mit Ausnahme einiger höherer Affen bei keiner Tierart gefunden[1].

Beim Menschen ist die Zahl der Zapfen im größten Teile der Retina geringer als jene der Stäbchen, da je 3—4 Stäbchen in die Verbindungslinie zweier Zapfen fallen. Gegen die Fovea nimmt die Zahl der Zapfen so zu, daß nur mehr je ein Stäbchen von der Verbindungslinie zweier Zapfen getroffen wird, und in der Fovea selbst finden sich nur mehr Zapfen, während die Stäbchen verschwunden sind. Die Angaben über die Größe des stäbchenfreien Bezirkes gehen beträchtlich auseinander. Hering[2] nimmt dafür einen Durchmesser von 1 *mm* an, was einem Gesichtswinkel von beiläufig 4° entsprechen würde. Ziemlich gut stimmen damit die sorgfältigen Messungen von Koster[3] überein, der an einem formolgehärteten Präparate die größte Breite des stäbchenfreien Gebietes mit 0·901 *mm* ermittelte. Alle Angaben über die Stäbchenverteilung im einzelnen müssen aber mit gewisser Vorsicht aufgenommen werden, da offenbar beträchtliche individuelle Verschiedenheiten vorkommen. Soviel bleibt jedenfalls sichergestellt, daß die Stäbchen nicht an einer bestimmten Stelle mit scharfer Grenze aufhören, sondern nur allmählich seltener werden, unter gleichzeitiger Einbuße der Regelmäßigkeit ihrer Anordnung. Die Zapfen erfahren gegen die Netzhautmitte hin, gleichsinnig mit der Zunahme ihrer Zahl, gewisse qualitative Änderungen. Dort wo die Stäbchen zurückzutreten beginnen,

---

[1] Nach den neuen Untersuchungen von Wolfrum (629) habe man allerdings bei allen höheren Säugetieren von einer Macula lutea zu sprechen, da ein Charakteristikum derselben, die Einbiegung der Limitans externa nach dem Glaskörper zu, den höheren Säugern gemeinschaftlich zukomme.

[2] Hering (257), S. 109.

[3] Koster (315), S. 4.

nehmen die Zäpfchen allmählich die Form der ersteren an, indem ihre Innenglieder eine fast zylindrische Gestalt zeigen. In der Fovea ist diese Ähnlichkeit am weitesten gediehen, indem hier Außen- wie Innenglieder in Länge und Form ganz auffallend den Stäbchen gleichen.

Mit den beträchtlichen Abweichungen des histologischen Baues in den zentralen, mäßig exzentrischen und stark exzentrischen Netzhautbezirken geht auch eine derartige funktionelle Verschiedenwertigkeit dieser Zonen in bezug auf das Perzeptionsvermögen einher, daß eine regionäre Unterscheidung der Sehschärfe begründet erscheint; denn abgesehen von der auch sonst ungleichen Leistungsfähigkeit (Farbtongleichungen, farblose Helligkeitsgleichungen, Verhalten bei der Adaptation usw.), bestehen in diesen Regionen wesentliche Verschiedenheiten im Hinblick auf das optische Auflösungsvermögen, die Feinheit des Raumsinnes usw.

Hält man Unterscheidungen der Sehschärfe nach Netzhautregionen aufrecht, dann möchte ich unbedingt einer Dreiteilung und einer Unterscheidung zwischen zentraler, parazentraler und peripherer Sehschärfe das Wort reden.

Die „zentrale Sehschärfe" ist es, die bei den üblichen Untersuchungen gemeinhin bestimmt wird, sie ist es, der sich die Aufmerksamkeit des Praktikers in erster Linie zuwendet. Es handelt sich hierbei um eine Sehschärfenbestimmung für das direkte Sehen. Die Ausdehnung des Fixationsbereiches, des physiologischen Netzhautzentrums ist sehr gering und wurde von verschiedenen Autoren verschieden angegeben. Gemeiniglich identifiziert man diesen heute mit der Fovea centralis der Area centralis, wiewohl nach Guillery[1] z. B. streng genommen auch das nicht zutrifft, da die eigentliche Stelle des deutlichsten Sehens beinahe punktförmig ist und schon innerhalb der Fovea centralis selbst die Empfindlichkeit sich merklich ändert. Früher nahm man aber für das direkte Sehen meistens die ganze Ausdehnung der Area centralis (Macula lutea) in Anspruch und vermeinte bei den Bestimmungen der zentralen Sehschärfe deren Funktionstüchtigkeit zu prüfen, während man die restlichen Netzhautbezirke mit dem

[1] Guillery (228), S. 404.

indirekten Sehen in Beziehung brachte und ihre entsprechenden Leistungen als periphere Sehschärfe bezeichnete.

Beschränkt man den Begriff „zentrale Sehschärfe“ auf die Region der Fovea centralis, so wird man das extrafoveale Gebiet der Area centralis für die parazentrale, das restliche Netzhautgebiet aber für die periphere Sehschärfe in Anspruch zu nehmen haben. Sollen für diese Begriffe allgemein gültige, zahlenmäßige Angaben des Exzentrizitätsgrades beigebracht werden, so bereitet dies heute allerdings noch einige Schwierigkeiten. Den natürlichen Verhältnissen dürfte man vielleicht noch am ehesten nahekommen, wenn man für die zentrale Region das Gebiet bis zu 1°, für die parazentrale das zwischen 1° und 10° und für die periphere das über 10° Exzentrizität in Anspruch nimmt.

Eine sprunghafte Änderung der Schwellenwerte für verschiedene Netzhautregionen besteht sicherlich nicht und demgemäß läßt sich auch eine ganz scharfe Grenze kaum ziehen. Entsprechend den Schwankungen der Stäbchen- und Zapfenverteilung dürften auch individuelle Verschiebungen der Grenzen nicht auszuschließen sein. Jedenfalls tun aber diesbezüglich noch weitere, neue Untersuchungen not.

In den folgenden Ausführungen wollen wir uns vorwiegend mit der in erster Linie in Betracht kommenden zentralen Sehschärfe befassen. Es darf aber keineswegs vergessen werden, daß ob der Wechselwirkungen der verschiedenen Netzhautstellen des somatischen Sehfeldes stets eine gegenseitige Beeinflussung der einzelnen Regionen durcheinander, also auch der zentralen durch die parazentralen und peripheren Partien, stattfindet und daß man es also durchaus nicht mit einer völligen gegenseitigen Unabhängigkeit zu tun hat. Bei den gewöhnlichen Sehschärfebestimmungen für das direkte Sehen werden überdies mitunter Reizobjekte verwendet, deren Bildgrößen bereits über den fovealen Netzhautbezirk hinausreichen. Es wird sich also beim Fixieren des betreffenden Objektes nur ein bestimmter Punkt desselben an der nahezu punktförmigen Stelle des deutlichsten Sehens abbilden, während die Bilder seiner Umgebung die restlichen Anteile der Fovea, aber auch größere und geringere Partien der parazentralen Region überdecken. Die ständigen, kleinsten Einstellbewegungen des Auges, deren Exkursionsgrößen selbst bei best-

möglichem Fixieren nicht unterschätzt werden dürfen, bedingen ferner stetige Verschiebungen der Bildpunkte und damit eine Vergrößerung der in Betracht kommenden Sehfeldstelle. Man ersieht daraus, daß bei den Prüfungen der zentralen Sehschärfe mit den üblichen Methoden, z. B. mit Buchstabenproben, auch vielfach schon die parazentrale Sehschärfe mitbestimmt wird oder zumindest auf das Ergebnis einen nicht zu vernachlässigenden Einfluß ausübt.

Neben der schon vorher erwähnten Wechselwirkung der Netzhautteile kommt für die Leistungsfähigkeit des Auges aber auch dessen jeweiligem Gesamtzustande eine nicht zu unterschätzende Bedeutung zu. Gemeint sind damit die verschiedenen Adaptationszustände unseres Sehorganes. Im Zusammenhange damit begegnet man des öfteren den Ausdrücken „Hell- und Dunkelsehschärfe" (v. Kries[1]) und „Zapfen-" und „Stäbchensehschärfe" (Koester[2]).

Hauptsächlich v. Kries verdanken wir neuerdings das Auseinanderhalten zweier völlig verschiedener Arten des Sehens, die er als „Tages"- und „Dämmerungssehen" bezeichnet und die nicht als gleichbedeutend mit den Begriffen „Hell"- und „Dunkeladaptation" angesehen werden dürfen. Unter Adaptation versteht man eine automatische Regulation, die bei starker Reizung eine Minderung, bei schwacher oder fehlender Reizung aber eine Steigerung der Erregbarkeit herbeiführt. Bei der Dunkeladaptation des Auges handelt es sich also um eine Anpassungserscheinung bei Abschwächung des Reizlichtes, bei Helladaptation um den gegenteiligen Vorgang. Für die Veränderungen der subjektiv wahrgenommenen Erscheinungen bei Änderungen des Reizes kommt daher nicht nur das physikalische Moment in Betracht, sondern auch der jeweilige physiologische Anpassungszustand des Sinnesorganes.

Als Dämmerungssehen wird nun jene Art des Sehens bezeichnet, die bei objektiv geringen Lichtstärken und bei Dunkeladaptation beobachtet wird. Ihre charakteristische Eigentümlichkeit ist der völlige Mangel der Farbenempfindung, also die absolute Farbenblindheit, bei einer gleichzeitigen, bestimmten, die kurz-

[1] v. Kries (319), S. 695.
[2] Koester (304), S. 434.

welligen Lichter bevorzugenden Helligkeitsverteilung. Das Dämmerungssehen ist aber keinesfalls mit vollständiger Dunkeladaptation untrennbar verknüpft, es kann vielmehr bei den verschiedensten Adaptationszuständen in seiner typischen Form vorkommen. Hauptsache bleibt es lediglich, daß die Lichtreize eine gewisse Stärke, die „Schwelle für das Tagessehen", nicht überschreiten. „Die Adaptation ist aber insofern von großer Bedeutung, als es von ihr abhängt, wie starke Erfolge von den unter jener Grenze bleibenden Lichtern erzielt werden können. Bei guter Dunkeladaptation sind sie sehr beträchtlich und hier erreicht also das Dämmerungssehen relativ große Helligkeitswerte; bei geringer Dunkeladaptation beschränkt es sich auf geringe subjektive Helligkeiten und bei stärkerer Helladaptation sehen wir die unter jener Grenze bleibenden Lichter überhaupt nicht. Nicht hinsichtlich seiner Art, wohl aber bezüglich der Stärken, in denen es überhaupt beobachtet werden kann, ist also das Dämmerungssehen von der Adaptation abhängig[1]."

Überschreiten die Lichtreize jenen erwähnten Schwellenwert, dann tritt auch die zweite Art des Sehens, mit der man es gewöhnlich zu tun hat und die daher auch keiner ausführlicheren Erörterung bedarf, das Tagessehen, in Wirksamkeit. Bei relativ hohen Lichtintensitäten und gleichzeitiger Helladaptation tritt es in Erscheinung und zeichnet sich, sofern wir von der äußersten Netzhautperipherie absehen, durch das Vermögen der Farbenunterscheidung aus, unter gleichzeitiger Verschiebung der Helligkeitsverhältnisse farbiger Lichter gegenüber dem Dämmerungssehen. Nur die äußerste Netzhautperipherie erscheint auch beim Tagessehen total farbenblind. Der grundlegende Unterschied gegenüber dem Dämmerungssehen besteht aber hier darin, daß die Helligkeitsverhältnisse verschiedener Farben wesentlich andere sind als dort. Die „Peripheriewerte" verschiedenfarbiger Lichter entsprechen nicht den „Dämmerungswerten" derselben.

Während die Fähigkeit des Tagessehens der gesamten Netzhaut, wenn auch in sehr verschiedenen Modifikationen, zukommt, scheint die Befähigung zum Dämmerungssehen einem zentralen, ungefähr 1·5° im Durchmesser messenden Bezirke ab-

[1] v. Kries (320), S. 180.

zugehen. Diese Tatsache bildet eine der wichtigsten Stützen für die moderne Duplizitätstheorie, nach der die Zapfen den Apparat für das Tagessehen, die Stäbchen den für das Dämmerungssehen verkörpern. Es müssen sich demnach jene Netzhautteile als unfähig für das Dämmerungssehen erweisen, denen der Stäbchenapparat fehlt, das sind die Fovea centralis und der „stäbchenfreie Bezirk", und tatsächlich scheint eine Region von annähernd entsprechender Ausdehnung dieses Vermögens zu entbehren[1].

Aus den vorstehenden Darlegungen ergibt sich schon von selbst, daß man von einer „Stäbchen-" oder „Dunkelsehschärfe" dann sprechen wird, wenn man es mit dem Dämmerungssehen zu tun hat, während die „Zapfen-" oder „Hellschärfe" für das Tagessehen in Betracht kommt. Es sind mit diesen Ausdrücken daher nicht etwa nur Vergleichungen zwischen der Sehschärfe bei Hell- und Dunkeladaptation zu verstehen, wiewohl sie von manchen Autoren in diesem Sinne gebraucht zu werden scheinen.

Erinnern wir uns der früher gegebenen regionären Gliederung der Netzhaut, so wird für das Tagessehen sowohl die zentrale als auch die parazentrale als auch die periphere Region in Betracht kommen, während das Dämmerungssehen nur auf den größeren Teil der parazentralen und auf die periphere Region beschränkt erscheint. Man wird also bei besonders genauen Untersuchungen auch eine zentrale, parazentrale und periphere Hellsehschärfe und eine parazentrale und periphere Dunkelsehschärfe auseinanderzuhalten haben. Daß diese regionäre Scheidung ihrer Berechtigung nicht entbehrt, geht wohl am besten daraus hervor, daß die für die einzelnen Regionen ermittelten Sehschärfewerte merklich voneinander abweichen und daß diese Unterschiede wenigstens zum Teil mit den angenommenen Grenzen zusammenfallen. So ergab sich z. B. aus den Untersuchungen von Koester[2] über die Dunkelsehschärfe, daß die in den Zentralpartien (bis 5°) gleich Null gefundenen Werte bis zu einer Exzentrizität von 10° rasch anstiegen, von da an aber gegen die Peripherie annähernd gleich blieben. Mit der Exzentrizität von 10° erscheint aber, wie

---

[1] Über gewisse Einschränkungen dieser hier nur kurz erwähnten Tatsachen vgl. Tschermak (586), S. 790.

[2] Koester (304), S. 435.

früher betont, die Grenze zwischen dem parazentralen und peripheren Gebiete gegeben.

Bei den gewöhnlichen Sehschärfeuntersuchungen handelt es sich allerdings meist um die „zentrale Hellsehschärfe“ und diese soll auch bei den weiteren Ausführungen in erster Linie im Auge behalten werden. Es darf aber nicht übersehen werden, daß bei Untersuchungen mit schwachen, besonders künstlichen Lichtquellen die Erscheinungen des Tages- und Dämmerungssehen vielfach und in schwer kontrollierbarer Weise ineinander greifen.

Schließlich erübrigt es noch, auf die Unterscheidung der Begriffe „Flächen-“ und „Tiefensehschärfe“ einzugehen.

Diese Frage erledigt sich mit einigen kurzen Hinweisen auf die Flächen- und Tiefenwahrnehmung an sich. Das Charakteristische des monokulären Sehens ist dessen Zweidimensionalität, die scheinbar flächenartige Anordnung der gesehenen Objekte im Gesichtsfelde. Das monokuläre Sehen ermöglicht uns in erster Linie nur die Wahrnehmung der Richtung, in der jeder einzelne gesehene Punkt liegt, also lediglich die Flächenwahrnehmung, nicht aber das Erkennen der Tiefendimension, d. h. des Abstandes der betreffenden Punkte vom Auge. Daß aber trotzdem ein solches beim monokulären Sehen bis zu einem gewissen Grade möglich ist, verdankt man größtenteils Erfahrungsmotiven, also Vorstellungen vom Abstande des Gesehenen, dann aber auch echten Wahrnehmungen, wie dem Gefühle der notwendigen Akkommodationsanstrengung und der Beobachtung bei bewegtem Kopfe und Körper. Immerhin bleibt aber die Tiefenwahrnehmung im monokulären Sehen höchst unvollkommen.

Im Gegensatze dazu erscheint beim binokulären Sehakte die Vermittlung der Wahrnehmung der Tiefendimension als die Hauptsache. Das Zustandekommen des stereoskopischen oder körperlichen Sehens verdanken wir in erster Linie der Erregung disparater Netzhautstellen. Nicht zu weit entfernte Körper werden mit dem einen Auge etwas anders gesehen als mit dem andern. Dem rechten Auge bietet sich die perspektivische Ansicht des Objektes von einem mehr rechts gelegenen, dem linken Auge von einem mehr links gelegenen Standpunkte aus. „Jeder stereoskopischen Differenz entspricht eine bestimmte Querdisparation und jeder solchen eine bestimmte Tiefenlokalisation, insolange die

Disparation im allgemeinen unter der Grenze bleibt, über welche hinaus Doppelbilder auftreten[1]."

Man bezeichnet nun die Feinheit des Vermögens der Breiten- und Höhenwahrnehmung als Flächensehschärfe, die der Tiefenwahrnehmung als Tiefensehschärfe. Wenn von der Sehschärfe schlechthin gesprochen wird, so ist damit fast stets die monokuläre Flächensehschärfe gemeint. Die gelegentlichen Untersuchungen über Tiefensehschärfe beziehen sich dagegen fast immer auf den binokulären Sehakt.

Es sei noch bemerkt, daß das körperliche Sehen — und daher auch Tiefensehschärfebestimmungen — sowohl für das Tages- als auch für das Dämmerungssehen in Betracht kommen. Ja, nach den Untersuchungen Nagels[2] ist stereoskopisches Sehen sogar beim Zusammenarbeiten eines helladaptierten Auges bei zentral überschwelliger Beleuchtung (Tagessehen) und eines dunkel adaptierten Auges bei zentral unterschwelliger Beleuchtung (Dämmerungssehen) möglich, soferne für beide Augen gleiche subjektive Helligkeit besteht.

Das folgende Diagramm möge die Übersicht über die in physiologischer Hinsicht vor allem interessierenden Spezialisierungen des Begriffes „Sehschärfe" erleichtern und ein Bild von ihrer Zusammengehörigkeit geben:

Monokuläre absolute Flächensehschärfe

Hellsehschärfe — Dunkelsehschärfe

zentrale S., parazentrale S., periphere S. — parazentrale S., periphere S.

[1] Zoth (632), S. 414.

[2] Nagel (403), S. 264.

Definition des Begriffes „Sehschärfe“.

Fast in allen neuen Lehrbüchern wird die „Sehschärfe“ in der Art definiert, daß man darunter den Grad der Fähigkeit oder des Vermögens, feinste getrennte Punkte oder Linien gesondert wahrzunehmen, versteht. Als Maß in dieser Hinsicht dient „der Gesichtswinkel des kleinsten gegenseitigen Abstandes zweier feiner Punkte oder Linien, die noch gesondert zur Wahrnehmung gelangen können“[1]. Es handelt sich hierbei also um das sogenannte „optische Auflösungsvermögen“ (Hering).

E. Hering[2] hat zuerst in klarer Weise dargetan, daß man zwischen den Begriffen „optischer Raumsinn“ und „optisches Auflösungsvermögen“ wohl zu unterscheiden habe. Ersterer Begriff bezeichnet die Fähigkeit des Auges, kleinste Verschiedenheiten in bezug auf Lage oder Größe zu erkennen, letzterer das Vermögen, zwei feinste Punkte oder Linien noch voneinander getrennt wahrzunehmen. „Daß man den kleinsten Abstand zweier feinster Punkte oder Striche, welche noch auflösbar sind, nicht ohneweiters als Maß der Feinheit des optischen Raumsinns nehmen darf, geht zunächst schon daraus hervor, daß z. B. die Auflösung einer hellen Doppellinie die Wahrnehmung einer dunklen, die beiden hellen Linien trennenden Zwischenlinie voraussetzt, daher man hier nicht bloß einen Lagenunterschied der beiden hellen Linien, sondern zugleich auch die noch kleinere Lageverschiedenheit der dunklen Zwischenlinie und je einer hellen Linie erkennt. Somit entspricht der Gesichtswinkel des kleinsten hier wahrgenommenen Lageunterschieds nicht dem Abstande der

[1] Zoth (632), S. 339.
[2] Hering (258), S. 16—24.

beiden hellen Linien, sondern dem Lageunterschied des dunklen Zwischenraumes und je einer hellen Linie. Für letzteren Gesichtswinkel aber dürfte man höchstens die Hälfte des ersteren annehmen[1]."

Vor Hering wurden beide Begriffe unter dem Sammelnamen „optischer Raumsinn" zusammengeworfen.

Von mancher Seite (Guillery[2] u. a.) wurde die Sehschärfe wieder dahin charakterisiert, daß es sich hierbei um die Wahrnehmung des kleinsten, punktförmigen Objektes handle. (Punktsehschärfe.) Guillery[3]) begründet diese Fassung damit, daß sie die nächstliegende und natürlichste sei, da nach dem allgemeinen Sprachgebrauche ein mehr oder weniger scharfes Auge dazu gehört, um ein mehr oder weniger feines Objekt (fliegender Vogel) von seinem Hintergrunde zu unterscheiden, und daß der Unbefangene nach der erforderlichen Größe eines solchen Objektes die Sehschärfe eines Auges beurteilt.

Schenk[4]) wendete dagegen ein, man nenne im gewöhnlichen Sprachgebrauche nicht dasjenige Auge scharf, das kleine Gegenstände überhaupt wahrnehmen kann, sondern das die Gegenstände, — kleine wie große, — scharf, d. h. deutlich oder genau, sieht. Die Genauigkeit des Sehens hängt von der Größe der Empfindungskreise ab; jede Sehschärfebestimmung müsse daher die Feststellung der Größe der Empfindungskreise zum Prinzip haben und das bedeute mit anderen Worten die Bestimmung des optischen Auflösungsvermögens.

Die Ermittlung des kleinsten Punktes, der in einem bestimmten Netzhautteile noch eine Empfindung auslöst („physiologischer Punkt" nach Aubert[5]), gebe keinen Aufschluß über die Größe der Empfindungskreise, da eine konstante Beziehung zwischen der Größe des physiologischen Punktes und der Größe der Empfindungskreise nicht bestehe. „Die Bestimmung der Punkt-

---

[1] Hering (258), S. 17.
[2] Guillery (218), S. 323 ff.
[3] Guillery (237), S. 152.
[4] Schenk (510), S. 386.
[5] Aubert (28), S. 189.

sehschärfe liefert uns also ohneweiters keinen Aufschluß über die Feinheit des Raumsinnes."

Bei älteren Autoren begegnet man mitunter aber auch wesentlich abweichenden Definitionen der Sehschärfe. So besteht nach H. Snellen und E. Landolt[1] die Bestimmung der Sehschärfe in der Bestimmung des kleinsten Winkels, unter dem das Auge gegebene Objekte noch in ihrer Form (!) zu erkennen vermag. Ähnliche Anschauungen scheint auch Aubert[2] zu vertreten. Nach diesen Definitionen wäre daher der Begriff Sehschärfe so ziemlich gleichbedeutend mit „optischem Formensinn". Eine derartige Identifizierung ist aber beim heutigen Stande unseres Wissens nicht empfehlenswert.

Als „optischen Formensinn" oder „Formensinn des Auges" bezeichnet man nach Guillery[3] das Vermögen, mittels des Auges Eigentümlichkeiten der Form oder Abweichungen der Formen von einander wahrzunehmen. Wir wissen nun heute, daß die Feinheit des optischen Formensinnes in obiger Fassung durchaus nicht notwendig von dem abhängt, was man gewöhnlich als Sehschärfe bezeichnet, geschweige denn sich damit deckt. So kann es vorkommen, daß von zwei mit verschiedener Sehschärfe begabten Personen diejenige über den feiner ausgebildeten Formensinn verfügt, bei der sich die Sehschärfe als herabgesetzt erweist. Ja, selbst wenn die Konturen einer Figur unter Zerstreungskreisen gesehen werden, kann die Formerkennung mit gewisser Einschränkung noch möglich bleiben, während die Grenze für das Auflösungsvermögen zweier getrennter Punkte unter solchen Umständen bereits überschritten ist (vgl. S. 41).

Nach den in diesem Abschnitte gemachten kurzen Andeutungen hat man also zwischen dem optischen Raumsinne, dem optischen Auflösungsvermögen und dem optischen Formensinne wohl zu unterscheiden.

Herrschte nun schon in Hinblick auf die Definition des Begriffes Sehschärfe in dieser Hinsicht bis in die neueste Zeit

---

[1] Snellen und Landolt (551), S. 1.
[2] H. Aubert (29), S. 579.
[3] Guillery (232), S. 468).

eine gewisse Verwirrung, so gilt dies um so mehr, sobald man ihre Bestimmungsmethoden ins Auge faßt.

Nach den eingangs gegebenen Darlegungen wäre es nur folgerichtig, diese drei gesonderten Sinnesqualitäten, — es sei dieser Ausdruck gestattet, — auch gesonderten Prüfungen zu unterziehen. Man hätte also die Feinheit des optischen Raumsinnes, das „minimum visibile", die Feinheit des optischen Auflösungsvermögens, das „minimum separabile" und die Feinheit des optischen Formensinnes festzustellen. Eine zuverlässige Durchführung in der Praxis scheitert aber daran, daß bei Prüfungen mit den üblichen Probeobjekten meist verschiedene Momente gleichzeitig wirksam sind und daß es heute noch schwer fällt zu entscheiden, inwieweit in einem gegebenen Falle das Ergebnis vom Lichtsinn, Raumsinn usw. abhängt.

Vielfach wurden Punktproben zur Bestimmung des minimum visibile verwendet. Daß die Ermittlung der Feinheit des optischen Raumsinnes auf diesem Wege nicht einwandfrei ist, wurde aber bereits angedeutet.

Die Feststellung des minimum separabile läßt sich noch am relativ einfachsten durchführen. Dabei muß die Aufmerksamkeit nur auf die möglichste Ausschaltung des Formensinnes gerichtet sein. Sehproben mit Doppelpunkten oder noch besser mit Doppellinien kommen hierfür hauptsächlich in Betracht.

Auf die größten Schwierigkeiten stößt dagegen die Beurteilung des Formensinnes, da wir es hier bereits mit einem Grenzgebiete zwischen Physiologie und Psychologie, ja zum Teil mit rein psychischen Phänomenen zu tun haben. Bei den noch recht mangelhaften Kenntnissen der diesbezüglichen Gesetze fehlt uns zur Zeit auch noch ein Maß für die Bestimmung der Leistungsfähigkeit des Formensinnes, worauf noch später zurückzukommen sein wird. Für das Erkennen von Buchstaben- oder Ziffernproben spielt der Formsinn eine wichtige Rolle, kommt aber nicht ausschließlich in Betracht (vgl. S. 63); deshalb geht es nicht an zu behaupten, daß mit derartigen Proben der Formsinn des Auges bestimmt wird. Das, was bei der Untersuchung mit Buchstabenproben ermittelt wird, ist aber auch etwas wesentlich anderes als das, was man durch Proben mit Doppelpunkten

bestimmen kann. C. Hess[1] hat dafür den Ausdruck des „minimum legibile“ (cognoscibile) eingeführt und spricht sich aus Zweckmäßigkeitsgründen dafür aus, daß man unter „Sehschärfe“ („Erkennungsschärfe“) das verstehen solle, was mit Buchstaben- oder Zahlensehproben ermittelt werden kann. Denn tatsächlich wurden und werden auch heute fast alle Sehschärfebestimmungen mit Buchstaben- oder diesen gleichwertigen Proben vorgenommen und derartige Messungen sind auch durchaus berechtigt, „sobald man sich darüber klar ist, was man mißt, und insbesondere darüber, daß man die mit solchen Sehproben erhaltenen Werte nicht als gleichwertig mit jenen betrachten darf, die bei Messungen des Gesichtswinkels mit verschieden weit voneinander entfernten Punkten erhalten werden“[2].

Wie sich die nach den verschiedenen Prinzipien ermittelten Werte zu einander verhalten, wird später an der Hand eigener Versuchsergebnisse erörtert werden. Die Ergebnisse sind einander, wie schon Hess voraussetzte, bis zu einem gewissen Grade ähnlich, da ja bei allen derartigen Untersuchungen zum Teil die gleichen Faktoren in Betracht kommen; „da aber ein anderer Teil der in Betracht kommenden Faktoren bei den 3 Methoden verschieden ist, ergibt sich die Notwendigkeit einer strengen begrifflichen Trennung.“ Hess erläutert das Gesagte durch ein treffendes Beispiel, indem er ausführt, daß eine an und für sich gleiche Gesamtleistung durch in verschiedener Weise dabei beteiligte Faktoren erzielt werden kann. Wenn z. B. eine Person eine bestimmte Last zwanzigmal, eine andere dieselbe aber nur zehnmal zu heben vermag, so folgt daraus durchaus noch nicht, daß die erstere über eine doppelt so kräftige Armmuskulatur verfügt als die letztere. Abgesehen von einer geringeren spezifischen Kraft der Armmuskeln, kann es sich um Verschiedenheiten der mechanischen Verhältnisse, um Differenzen in den Atmungsorganen, in der Energie des Willensimpulses usw. handeln.

Die erste Voraussetzung, der auf diesem Gebiete herrschenden, geradezu schon unerquicklichen Verwirrung ein Ende zu bereiten,

---

[1] Hess (262), S. 242.

[2] Hess (265), S. 214.

ist die, sich darüber klar zu werden, was unter Sehschärfe verstanden werden soll und was mit den einzelnen Methoden geprüft werden kann. Diesbezüglich darf ja heute gewiß schon eine Wendung zum Besseren festgestellt werden, es ist aber noch nicht so lange her, daß einzelne Autoren unter Sehschärfe die Feinheit des optischen Raumsinnes verstanden, eine Definition dafür gaben, die sich nur auf das optische Auflösungsvermögen beziehen konnte, und Untersuchungsmethoden dafür verwendeten, mit denen sich höchstens das minimum cognoscibile feststellen ließ.

Die Komponenten der Sehschärfe.

a) Präretinale (dioptrische) Komponente.

An früherer Stelle wurde betont, daß die Sehschärfe als die Resultante mehrerer Komponenten anzusehen ist, deren erste bereits in den vor dem perzipierenden Apparate gelegenen Teilen des Auges gesucht werden muß. Es würde zu weit führen, sich an dieser Stelle darüber in eingehender Weise zu äußern, denn dies hieße einen Großteil der physiologischen Optik hier erörtern. Das ganze Gebiet der Dioptrik und die Lehre der Bildentstehung in optischen Systemen sei deshalb nur insoweit gestreift, als der von der Sehschärfelehre untrennbare Begriff „Gesichtswinkel" es erfordert.

Am einfachsten gestalten sich die Verhältnisse, wenn man das „reduzierte Auge" der Darstellung zugrunde legt.

Die Lage des Netzhautbildes eines Gegenstandes läßt sich durch Konstruktion der sich im Knotenpunkte schneidenden Richtungslinien (Fig. 1, $R_1 R_2$ und $R_3 R_4$) bestimmen. Die von den beiden Endpunkten des Netzhautbildes ($R_2 R_4$) durch den Knotenpunkt (K) verlaufenden Strahlen ($R_1 R_2$ und $R_3 R_4$) schließen einen Winkel ($R_2 K R_4$) ein, den man als Gesichtswinkel α bezeichnet; er ist als Gegenwinkel gleich jenem Winkel ($R_1 K R_3$), den die von den Endpunkten des zugehörigen Gegenstandes ($R_1 R_3$) zum Knotenpunkte gezogenen Strahlen bilden.

In Fig. 1 ist ferner die mit $G_1 G_2$ bezeichnete Gesichtslinie, jene Richtungslinie, die die Mitte des Objektes mit der Stelle des deutlichsten Sehens verbindet, eingezeichnet. Die in der Zeichnung gleichfalls eingetragene optische Achse ($A_1 A_2$) des Auges zeigt in übertriebener Weise die Abweichung der Gesichtslinie von derselben. Die Gesichtslinie liegt vor dem Auge

nach innen (und meist etwas nach oben) von der Augenachse, in der Gegend der Fovea centralis nach außen (und meist etwas nach unten) von derselben.

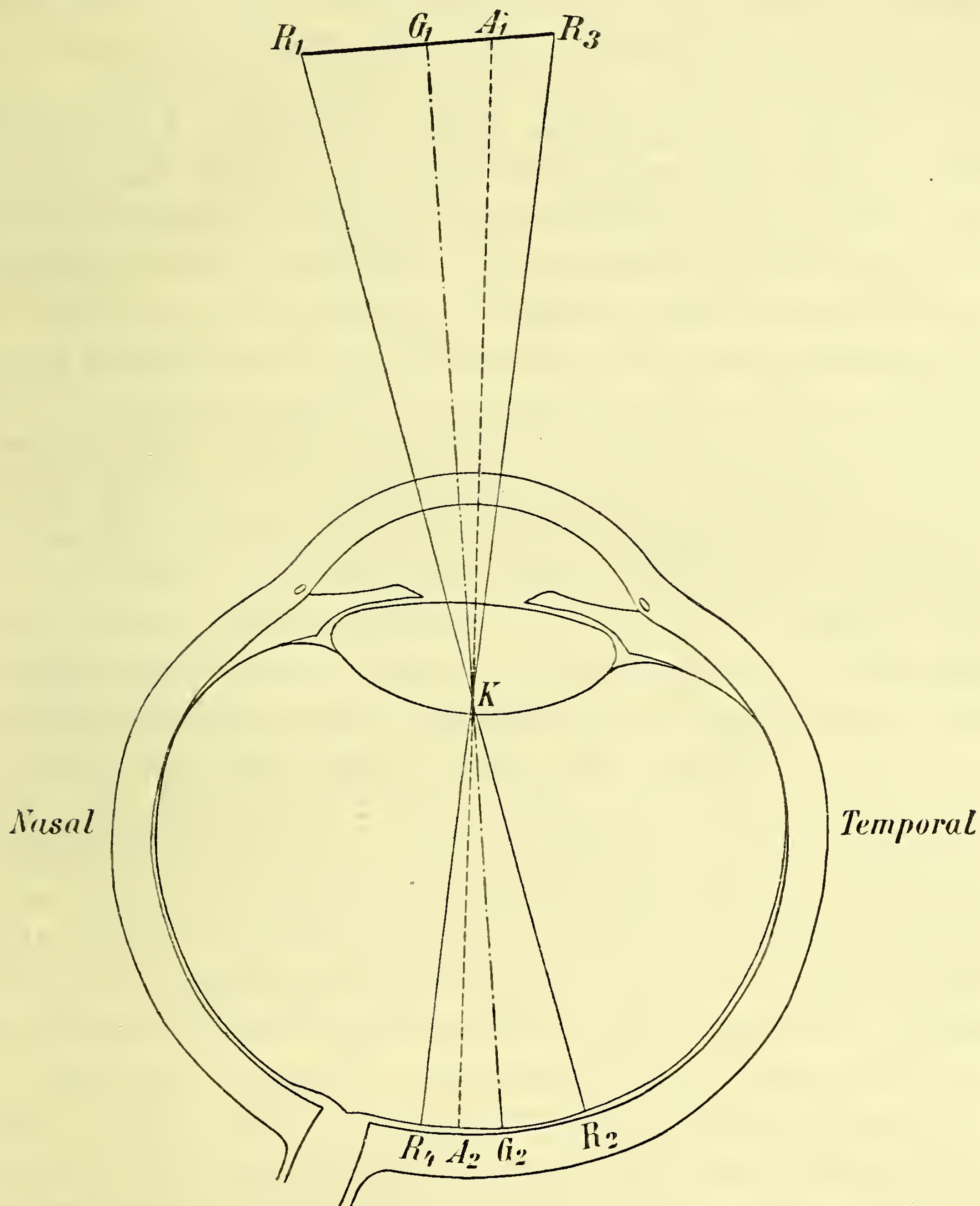


Fig. 1. Schematischer Horizontalschnitt durch das rechte Auge („reduziertes Auge“) mit eingezeichneter optischer Achse ($A_1 A_2$), Gesichtslinie ($G_1 G_2$) und Richtungslinien ($R_1 R_2$ und $R_3 R_4$).

Für das „schematische Auge“ kann die Lage des Netzhautbildes dadurch bestimmt werden, daß man von den Endpunkten des Gegenstandes Gerade (Richtungslinie) zu dem ersten Knotenpunkt zeichnet und vom zweiten Knotenpunkt mit dieser parallel

gehende Gerade nach der Netzhaut zieht. Der Gesichtswinkel wird hier von jenen Linien begrenzt, die die Verbindung zwischen den Endpunkten des Netzhautbildes und dem hintern Knotenpunkte herstellen. Er ist natürlich wieder gleich jenem Winkel, den die von den Endpunkten des entsprechenden Objektes zum vordern Knotenpunkte gezogenen Geraden einschließen.

Die hier wiedergegebene übliche Darstellung hat gewiß den Vorteil leichter Verständlichkeit für sich, ist aber insofern nicht ganz richtig, als der Gesichtswinkel eigentlich durch die Kreuzung der Visierlinien gebildet wird. Mit diesem Namen bezeichnet man Gerade, die zwei einander deckende, d. h. verschieden entfernte, aber an einer und derselben Stelle des Gesichtsfeldes liegende Punkte mit dem Mittelpunkte der „Eintrittspupille“ (vgl. S. 31) verbinden und sodann zur Stelle des deutlichsten Sehens ziehen. Beim Visieren kann, streng genommen, immer nur einer der betrachteten Punkte deutlich gesehen werden, während die anderen in größeren oder kleineren Zerstreuungskreisen erscheinen. Von einer genauen Deckung zweier Punkte sprechen wir dann, wenn der deutlich gesehene Punkt in der Mitte des Zerstreuungskreises des zweiten Punktes liegt. Wenn zwei in verschiedenem Abstande vom Auge befindliche Gegenstände unter demselben Gesichtswinkel gesehen werden, so fallen die Netzhautbilder der beiden Endpunkte des einen Objektes genau in die Mitte der Zerstreuungskreise, die den Endpunkten des zweiten Objektes entsprechen. Es sind also die Visierlinien und nicht die Richtungslinien, welche die Richtung, in die wir unsere Gesichtsempfindungen nach außen verlegen, bestimmen. Daher stellt auch der Winkel, den die nach den Endpunkten eines Gegenstandes gezogenen Visierlinien einschließen, den wahren Gesichtswinkel dar, unter dem der Gegenstand gesehen wird. Bei großem Objektabstande ist der Winkel, den die Visierlinie mit der Gesichtslinie bildet, so klein, daß man beide als zusammenfallend annehmen kann. In diesem Falle wird also die Größe des Gesichtswinkels nicht merklich verändert, ob man die Visierlinien oder die Richtungslinien seiner Konstruktion zugrunde legt; bei naheliegenden Gegenständen macht sich aber ein Unterschied bereits geltend.

Sowohl die Feinheit des optischen Raumsinnes als auch die Grenze des optischen Auflösungsvermögens findet ihren Ausdruck

in den ermittelten kleinsten Werten der Gesichtswinkel. Den für das optische Auflösungsvermögen in Betracht kommenden kleinsten Gesichtswinkel bezeichnet man häufig auch als „Distinktionswinkel".

Die vorstehenden Ausführungen lassen bereits erkennen, inwieferne die Lage des Schnittpunktes der der Konstruktion des Gesichtswinkels zugrunde gelegten Strahlen zur Netzhaut die Bildgröße und somit auch die Sehschärfe beeinflussen muß. Die Ursachen merklicher Verschiebungen dieser Kreuzungspunkte sind durch Anomalien der Refraktion und Akkommodation gegeben. Ihre Folgen sind das Sehen in „Zerstreuungskreisen", ein Modus des Sehens, der sich von jenem bei genauer Einstellung nur graduell, nicht prinzipiell unterscheidet, da es sich ja auch bei jenem nicht um „punktförmige", sondern um flächenförmige Bilder punktförmiger Objekte handelt"[1] (vgl. S. 35 und 88). Die absolute Sehschärfe derartiger Augen kann erst nach Gläserkorrektion bestimmt werden (vgl. S. 6), ohne diese wird nur die Sehleistung (natürliche Sehschärfe) ermittelt.

Die häufig interessierenden Berechnungen der Bildgrößen wurden seit Donders[2] fast allgemein unter Zugrundelegung der oben definierten Gesichtswinkel (Knotenpunktswinkel) durchgeführt. Die Kenntnis der Gegenstandsgröße (Fig. 1, $R_1 R_3$) und des Gegenstandabstandes ($G_1 K$) vom Auge ermöglicht die Berechnung des Gesichtswinkels ($R_2 K R_4$); mit Hilfe dieses und des Abstandes ($K G_2$) des hintern Knotenpunktes von der Netzhaut (beim ruhenden emmetropischen Auge im Mittel gleich 15·5 *mm*) läßt sich aber die Bildgröße ($R_2 R_4$) nach der Formel $R_2 R_4 = 2\, R_2\, G_2 = 2\, K G_2 \,.\, \mathrm{tg}\, \frac{R_2 K R_4}{2}$ bestimmen.

Neuestens hat Gullstrand darauf aufmerksam gemacht, daß die Bestimmung der absoluten Sehschärfe achsenametropischer Augen vermittelst der Knotenpunktswinkel nur unter bestimmten Voraussetzungen erlaubt ist, nämlich bei Prüfung in großem Abstande und bei vollkommen akkommodationslosem Auge. Zugleich machte er aber auch mit den Beziehungen bekannt, die zwischen Objekt- und Netzhautbildgröße bestehen, soferne man die Ab-

[1] Hess (265), S. 137.

[2] Donders (163).

stände nicht von den Knotenpunkten, sondern von den Haupt- und Brennpunkten aus mißt. Als „Haupt-" bezw. „Brennpunktswinkel" bezeichnet er jene Winkel, die durch von den Endpunkten des Objektes zum Haupt- bezw. Brennpunkte gezogene Strahlen gebildet werden.

Die Ergebnisse jener Ableitungen wurden von Hess[1] ungefähr in folgender Weise zusammengefaßt: Der kleinste Hauptpunktswinkel gibt im emmetropischen Auge das Maß für die absolute Sehschärfe unabhängig vom Akkommodationszustande. Das durch diesen Winkel ausgedrückte Maß der Sehschärfe ist bei allen Akkommodationsgraden das gleiche, solange kein Korrektionsglas angewendet wird. In einem und demselben Auge und in allen Augen mit gleicher Achsenlänge entsprechen gleich großen Hauptpunktswinkeln gleich große Netzhautbilder. Hieraus geht weiter hervor, daß die natürliche Sehschärfe direkt durch die kleinsten Hauptpunktswinkel gemessen wird, unabhängig von der Akkommodation und vom Objektsabstande.

„Die mit Brennpunktswinkeln gemessene Sehschärfe im akkommodierenden Auge ist unabhängig von dessen Achsenlänge und vom Abstande, in dem die Sehschärfe bestimmt wird, also auch von dem benutzten Korrektionsglase, sie wechselt aber mit dem Grade der Akkommodation. Im akkommodationslosen Auge erhält man bei Messung mittels Brennpunktswinkeln in jedem Abstande und mit jedem Glase die absolute Sehschärfe."

„Bei der Vergleichung der Sehschärfe verschiedener achsenametropischer Augen wird man also die Brennpunktswinkel zu messen haben, bei Untersuchung der Sehschärfe eines und desselben Auges bei verschiedenen Akkommodationszuständen dagegen die Hauptpunktswinkel. Mittels Knotenpunktswinkeln kann die absolute Sehschärfe nur auf großen Abstand im akkommodationslosen Auge bestimmt werden (sie fallen dann mit den Brennpunktswinkeln zusammen), die natürliche Sehschärfe nur bei Prüfung ohne Glas in großem Abstande (wobei die Knotenpunktswinkel mit den Hauptpunktswinkeln zusammenfallen)."

Bei der Erörterung aller Fragen der physiologischen Optik darf eines nicht vergessen werden, daß die wirklichen Verhältnisse

---

[1] Hess (265), S. 207 ff.

meist recht beträchtlich von den schematischen theoretischen Annahmen abweichen. Trotz genauester Einstellung unseres Auges auf ein punktförmiges Objekt wird durch den brechenden Apparat doch nicht wieder ein punktförmiges Netzhautbild entworfen, sondern es kommt ein im allgemeinen kreisförmiges Aberrationsgebiet von bestimmter Ausdehnung zustande. Die Ursachen dafür liegen zum Teil in der *Unvollkommenheit des dioptrischen Apparates*, z. B. in der mangelhaften Zentrierung der brechenden Medien oder in einer gewissen Diskontinuität derselben (wechselnder Brechungsindex, Unregelmäßigkeit der Wölbung, Einlagerung durchsichtiger, anders brechender Körper in ein sonst optisch homogenes Medium), zum Teil in der *Beugung des Lichtes am Pupillenrande*, in der verschiedenen Brechbarkeit der Strahlen verschiedener Wellenlänge (*chromatische Aberration*) sowie in den mannigfachen, unter dem Namen der *monochromatischen Aberration* zusammengefaßten Erscheinungen. Das Aberrationsgebiet eines punktförmigen Objektes ist im allgemeinen kreisförmig, es gibt aber eine Reihe ebenfalls dem Begriffe der monochromatischen Aberration zuzurechnender Faktoren, die zur Folge haben, daß der Querschnitt eines homozentrischen Strahlenbündels nicht mehr überall kreisförmig ist. Die infolge davon zutage tretenden Erscheinungen werden als Astigmatismus im engeren Sinne bezeichnet. Es handelt sich hierbei meist um den Astigmatismus infolge schiefer Inzidenz des Strahlenbündels, aber auch um den Astigmatismus bei senkrechter Inzidenz der Strahlen, aber nicht genau sphärisch gekrümmten Flächen.

Variationen der genannten Faktoren noch innerhalb der physiologischen Breite bleiben für die Bildentstehung und somit auch für die Sehschärfe nicht gleichgültig. Um so mehr gilt dies natürlich von pathologischen Störungen, die, wie z. B. Trübungen der brechenden Medien, die Sehschärfe auf ein Minimum herabsetzen können, trotzdem die Perzeptionsfähigkeit der Retina vollkommen intakt ist. Die störende Wirkung derartiger Veränderungen beruht nun allerdings nicht auf der Aberration, sondern auf einer regellosen Zerstreuung des Lichtes, da eine regelmäßige Brechung unter den gegebenen Umständen nicht mehr möglich ist.

Diffuses Licht kommt, wenn auch in geringer Menge, schon unter physiologischen Verhältnissen dadurch zustande, daß ein Teil der nach der Pupille gerichteten Lichtstrahlen an den zelligen Elementen der Hornhaut und besonders der Linse zerstreut wird. Ferner durchdringt bei objektiv vorhandenen größeren Lichtmengen auch stets ein gewisser Bruchteil derselben die Sklera, Uvea und das Retinapigment und übergießt den Augenhintergrund mit diffusem Lichte, da beim Durchtritt durch die erwähnten Schichten eine regelmäßige Brechung nicht stattfindet. Dieses Licht (diasklerales Licht) ist allerdings zu schwach, als daß es unter gewöhnlichen Umständen beim Sehen merklich stören könnte, dagegen ist das beim albinotischen Auge infolge des Pigmentmangels der Fall. Eine Zerstreuung des Lichtes findet ferner noch an der Netzhaut statt. Die Sehschärfe kann unter diesen Umständen insoferne beeinträchtigt werden, als es zu einer Überdeckung des Netzhautbildes durch einen diffusen Lichtschleier kommt[1]. Pathologische Hornhauttrübungen sollen nach Pfalz[2] allerdings nicht so sehr durch das Hervorrufen derartiger Lichtnebel stören, besonders solange die Trübung noch nicht ein Fünftel der Pupille überdeckt; die Schädigung der Sehschärfe beruhe hierbei vielmehr auf unregelmäßiger Lichtbrechung als Folge einer meist damit einhergehenden Fazettierung. Schmidt-Rimpler[3] macht hinwieder die ungleichmäßigen Beleuchtungsverhältnisse, die helle Beleuchtung peripherer Netzhautstellen gegenüber der starken Beschattung der Mitte, durch einen zentralen Hornhautfleck für die Herabsetzung der Sehschärfe verantwortlich.

In jedem aus mehreren Flächen zusammengesetzten optischen Systeme geht ferner eine gewisse Menge des einfallenden Lichtes durch Reflexion an den brechenden Oberflächen verloren (verlorenes Licht), während ein anderer Anteil als aberranter Strahl infolge wiederholter Reflexion das System durchläuft und neben dem eigentlichen Bilde ein allerdings sehr schwaches Doppelbild hervorbringt (schädliches Licht).

Daß trotz der vorstehend erwähnten Mängel des optischen Apparates und der dementsprechend unscharfen, objektiven Netz-

[1] Borschke (76).

[2] Pfalz (454), S. 263.

[3] Schmidt-Rimpler (514), S. 1763.

hautbilder eine immerhin so beträchtliche Sehschärfe erzielt wird, ist hauptsächlich auf die physiologischen Momente der Wechselwirkung der Sehfeldstellen, den Einfluß des Kontrastes, zurückzuführen. Daneben findet sich aber im optischen Apparate selbst eine Einrichtung vor, die jene Störungen schon bis zu einem gewissen Grade abschwächt und die der Verschärfung des Bildes dient. Die dioptrische Bedeutung der Iris, denn diese ist damit gemeint, liegt in ihrer Blendenwirkung. Die Aufgabe einer in einem beliebigen optischen Systeme an geeigneter Stelle angebrachten Blende liegt in der Begrenzung der für das Zustandekommen des Bildes in Betracht kommenden Strahlen. Es handelt sich in erster Linie um die Abblendung der Randstrahlen, d. h. um die „Verschärfung des Bildes durch geringere sphärische Aberration respektive geringere Größe der durch ungenaue Einstellung bedingten Zerstreungskreise“ [1]. Für die Größe des Querschnittes des in das Auge ein- und austretendeu Strahlenbündels ist nun nicht der kreisförmige Blendenausschnitt, die Pupille als solche maßgebend, sondern die durch das System nach der Objekt- („Eintrittspupille“), beziehungsweise der Bildseite („Austrittspupille“) hin entworfenen Bilder derselben. Die Eintrittspupille stellt das durch die Hornhaut entworfene, vergrößerte ($^1/_8$) und nach vorne verschobene (0·75 *mm*) Bild der wirklichen Pupille, die Austrittspupille das durch die nicht akkommodierte Linse entworfene, in geringerem Grade vergrößerte ($^1/_{18}$) und nach hinten verlagerte (0·11 *mm*) Bild derselben dar. „Alle Strahlen, die vor der Brechung durch die Hornhaut auf einen Punkt der Eintrittspupille gerichtet sind, kommen nach der Brechung vom entsprechenden Punkte der Austrittspupille. Die Größe der Eintrittspupille ist daher maßgebend für den Querschnitt des bilderzeugenden Strahlenkegels.“ „Bei nicht genauer Einstellung des Auges fällt auf die Netzhaut von einem Objektpunkte ein Zerstreuungskreis, dessen Form jener der Pupille entspricht, in der Regel also kreisrund ist.“ „Der Durchmesser des Zerstreuungskreises verhält sich zum Durchmesser der Pupille wie der Abstand des Zerstreuungskreises zum Abstand der Pupille von dem Orte, wo der Bildpunkt entstehen muß [2].“

---

[1] Schenk (511), S. 79.

[2] Schenk (511), S. 80.

Besondere Bedeutung für die Deutlichkeit des Sehens erfährt diese Diaphragmavorrichtung erst durch ihre reflektorische Veränderlichkeit, durch das physiologische Pupillenspiel.

Hierher gehört die reflektorische Pupillenverengerung und -erweiterung bei Vermehrung beziehungsweise Verminderung der Intensitäten des einwirkenden Lichtes. Der Zweck ist die Regulierung des Lichteinfalles in das Auge, um jeweils die bestmögliche Deutlichkeit des Sehens zu erzielen. Bei objektiv größeren Intensitäten macht sich z. B. die „Blendung“[1] bereits sehr störend bemerkbar, wenn die Verengerungsfähigkeit der Pupille durch Giftwirkung (Mydriatica) aufgehoben wurde. Umgekehrt darf bei geringen Intensitäten die Pupille nicht zu enge sein, da sonst die Bilder undeutlich werden. Allerdings spielt neben den objektiven Lichtverhältnissen auch der jeweils herrschende Adaptationszustand des Auges dabei eine Rolle. „Bei Ausschluß aller anderen Reize ist die Größe der Lichtreaktion der Pupille abhängig vom Verhältnis der einwirkenden Helligkeit zum Adaptationszustand. Die Lichtreaktion wird ausgelöst durch Änderung des einwirkenden Lichtes bei gleichbleibendem Adaptationszustande oder durch Änderung der Adaptation bei gleichbleibendem einwirkenden Licht[2].“

Der bei allen Untersuchungen über die Wirkungen der Beleuchtungsintensität in Betracht zu ziehende Einfluß der Pupillenweite auf die Sehschärfe wurde von Hummelsheim[3] eingehender studiert. Er fand bei Versuchen mit den Snellenschen Tafeln, daß die Sehschärfe bei enger Pupille erst bei Beleuchtungsstärken von einer Meterkerze aufwärts die bei weiter Pupille bestimmte beträchtlich übertraf. Bei Beleuchtungsstärken über 50 Meterkerzen hinaus machte sich aber ein Unterschied nur mehr in geringem Grade bemerkbar.

Die „Pupillarreflexempfindlichkeit“ kommt hauptsächlich

---

[1] Borschke (75) definiert die „Blendung“ als jene Modifikation des Sehens, bei der „während der Betrachtung eines Gegenstandes Licht von irgend einer andern Stelle ins Auge gelangt“. Er wies experimentell nach, daß der Grad der Sehstörung durch Blendung von dem Winkel abhängt, den das einfallende blendende Licht mit der Blickrichtung bildet.

[2] Schenk (511), S. 84.

[3] Hummelsheim (282), S. 357.

den zentralen Partien der Netzhaut zu und nimmt gegen die Peripherie allmählich ab. Die Hypothese von der Reflexunempfindlichkeit der Netzhautperipherie ist nach den neueren Untersuchungen von Abelsdorff und Feilchenfeld[1] unrichtig; der bei Reizung der Netzhautperipherie eintretende Pupillarreflex wird nicht nur durch Miterleuchtung der Macula lutea, sondern von jener selbst ausgelöst.

Pupillenverengerung ist ferner eine konstante Begleiterscheinung des Akkommodationsaktes. Die viel umstrittene Frage, ob sie mit der Akkommodation oder mit der damit einhergehenden Konvergenz zusammenhängt, dürfte neuestens nach Gullstrand[2] wahrscheinlich dahin entschieden werden, daß alle drei Innervationen miteinander assoziiert sind und durch den Impuls zum scharfen Sehen in der Nähe ausgelöst werden. „Die Pupillenverengerung beim Sehen in der Nähe ist insofern zweckmäßig, weil bei gleich großer Pupille von einem nahen Gegenstande relativ mehr Licht ins Auge gelangen würde als von einem entfernten und weil der übermäßige Lichteinfall von nahen Gegenständen durch die Pupillenverengerung kompensiert werden kann[3].“ Die Pupillenverengerung beim Akkommodationsakte ist, wie A. Fick[4] betont, allerdings beträchtlich größer, als es die Akkommodation eigentlich aus obigen Gründen erfordern würde. Die Erklärung dafür dürfte darin liegen, daß nach Gullstrand[5] die Funktion der akkommodativen Pupillenverengerung in der Vergrößerung der Tiefe der Abbildung zu suchen ist, indem die nötigen Akkommodationsvariationen beim Betrachten naher Gegenstände durch die vergrößerte Tiefe wesentlich vermindert werden. Mit der Aberration hat die akkommodative Pupillenverengerung aber nichts zu tun und kann daher auch nicht den Zweck haben, die Wirkung derselben zu verringern, da diese schon bei Akkommodationsruhe unschädlich ist, bei der Akkommodation aber ohnehin abnimmt[6].

---

[1] Abelsdorff und Feilchenfeld (5).
[2] Gullstrand (251, *c*), I. Bd., S. 337.
[3] Schenk (511), S. 67.
[4] Fick (183), S. 97.
[5] Gullstrand (251, *c*), I. Bd., S. 337.
[6] Gullstrand (251 *c*), I. Bd., S. 374.

Da die meisten der in diesem Abschnitte aufgezählten Faktoren gewissen individuellen Schwankungen unterliegen können, so sind sie sehr wohl geeignet, die Gesamtleistung zu beeinflussen.

b) Retinale (perzeptorische) und postretinale Komponente.

Das unter normalen Verhältnissen für die Sehschärfe ausschlaggebende Moment erscheint durch die Perzeptionstüchtigkeit der Netzhaut gegeben, die, wie wir eingangs gesehen haben, von manchen Seiten sogar direkt mit der Sehschärfe identifiziert wurde. Die Funktionsfähigkeit der Netzhaut hängt ab von der Beschaffenheit, Anordnung, Zahl und Größe ihrer einzelnen perzipierenden Elemente, die in ihrer Gesamtheit als das Retinamosaik bezeichnet werden. Diese einer isolierten Erregung fähigen Elemente sind natürlich nicht punktförmig, sondern besitzen eine gewisse Ausdehnung in der Richtung der Netzhautfläche. „Das von einem Element eingenommene Flächenstück heißt Empfindungskreis. Die innerhalb eines und desselben Empfindungskreises liegenden Punkte sind nicht isoliert gegeneinander erregbar. Innerhalb eines Empfindungskreises hängt also die Erregung nicht mehr von der Größe des beleuchteten Teiles ab, sondern nur noch von der Menge des im ganzen auffallenden Lichtes. Die einzelnen Empfindungskreise sind aber isoliert gegeneinander erregbar [1].“

Nach der heute herrschenden Lehre gelten für das zentrale Sehen die Retinazapfen als derartige kleinste, isoliert für sich reizbare Netzhautelemente. Diese Annahme steht zumindest mit unseren bisherigen Erfahrungen nicht im Widerspruche und läßt sowohl das Auflösungsvermögen als auch die sehr feine Unterschiedsempfindlichkeit für Lagen (Hering) befriedigend erklären.

Allerdings darf nicht übersehen werden, daß die Größe der Empfindungskreise vielleicht nicht unter allen Umständen gleich ist, sondern unter verschiedenen Bedingungen (z. B. bei verschiedener Beleuchtung [2]) verschieden sein könnte.

---

[1] Schenk (511), S. 78.

[2] Schenk (510), S. 378.

Wenn ein Empfindungskreis eine größere Ausdehnung besitzt als die auf ihn fallende Bildfläche, dann wird diese letztere größer erscheinen, als es ihr entspricht. Für das periphere Sehen trifft dies wohl mitunter zu, beim zentralen Sehen ist aber infolge der Aberration die von einem Objektpunkt entworfene Bildfläche stets größer als ein Empfindungskreis.

Zwischen der Sehschärfe und der Größe der Empfindungskreise bestehen insofern enge Wechselbeziehungen, als jede Vergrößerung der Empfindungskreise notwendig eine Herabsetzung der Sehschärfe nach sich ziehen muß. Eine abnormale Vergrößerung der Empfindungskreise braucht indes nicht immer durch Netzhauterkrankung, also durch Störungen im Bereiche der perzeptorischen Komponente, verursacht zu sein, sie kann vielmehr auch, wie im vorigen Abschnitte zur Genüge ausgeführt wurde, durch mangelhafte Dioptrik bedingt sein.

Infolge der Unvollkommenheit des dioptrischen Apparates bildet sich ein Objektpunkt auf der Netzhaut nicht als Bildpunkt, sondern als kleine Bildfläche ab. Der Mittelpunkt dieser Bildfläche, des Aberrationsgebietes nach Hering, entspricht annähernd dem Orte des schematischen, punktförmigen Bildes. Die am weitesten peripher gelegenen Teile der Bildfläche werden aber überhaupt nicht wahrgenommen, da das in diesen Teilen herrschende Licht für die betroffenen Empfindungskreise bereits unterschwellig ist. Aber auch der nächst angrenzenden inneren Zone kommt für die Lichtwahrnehmung wegen gewisser Erscheinungen des Simultankontrastes nur untergeordnete Bedeutung zu. Diese Feststellungen berechtigen daher zu dem Schlusse, daß der für die Wahrnehmung in Betracht kommende Teil der Bildfläche, die sogenannte „Empfindungsfläche“, wesentlich kleiner sei als die Ausdehnung des tatsächlich vorhandenen Netzhautbildes, der sogenannten „Lichtfläche“. Mach[1], dem wir diese Ausdrücke verdanken, hat sie noch näher erläutert. Errichten wir in jedem Punkte der bestrahlten Netzhautfläche eine Senkrechte, deren jeweilige Länge die objektiv vorhandene Beleuchtungsintensität für diesen Punkt darstellt, und verbinden wir die freien Enden dieser Ordinaten zu einer Fläche, so ist damit die Lichtfläche

[1] Mach (380), S. 131.

(Lichtintensitätsfläche) gegeben. Machen wir dagegen die Ordinatenlängen den subjektiven Helligkeiten gleich, in denen die betreffenden Bildpunkte erscheinen, so erhalten wir die Empfindungsfläche.

Schenk[1] hat auf die theoretische Möglichkeit aufmerksam gemacht, daß die Empfindungsfläche nicht nur ein Teil der Lichtfläche, d. h. also kleiner als diese sein kann, sondern unter Umständen sogar größer. Dies müßte immer dann der Fall sein, sobald die Lichtfläche kleiner ist als ein Empfindungskreis. Da die Empfindungsfläche nie kleiner sein kann als ein Empfindungskreis, so wäre sie hier also größer als die Lichtfläche.

Wir wollen uns nicht weiter mit dem anatomischen Substrate und den funktionellen Verschiedenheiten der Empfindungskreise befassen, sondern sie als gleichwertig in Hinblick auf gewisse Elementarempfindungen, die durch sie vermittelt werden, annehmen.

Wenn eine Analyse des Gesichtssinnes vorgenommen wird, so pflegt man heute gewöhnlich folgende Unterscheidung zu treffen:

1. Licht- und Farbensinn;
2. optischer Raum- und Lagesinn;
3. optisches Auflösungsvermögen;
4. optischer Formensinn.

Es handelt sich bei dieser Einteilung zweifellos um sehr Verschiedenartiges, — gewiß nicht um einander gleichwertige oder gleichartige Sinnesqualitäten im landläufigen Sinne. Die Herausschälung dieser „Sinne“ aus einem untrennbaren Ganzen ist künstlich. Bei den gewöhnlichen Gesichtswahrnehmungen kommen sie stets gleichzeitig zur Geltung und auch experimentell kann von ihrer Isolierung nur mit Vorbehalt gesprochen werden. Die Unterscheidung dieser Netzhautfunktionen ist aber sicherlich sehr zweckmäßig und, sofern sie gesonderten Untersuchungen zugänglich sind, auch praktisch von Bedeutung.

Die wichtigste, gewissermaßen die Grundfunktion des Retinamosaiks ist das Vermögen der Lichtempfindung, die Betätigung des sogenannten Lichtsinnes. Man definiert den letzteren

---

[1] Schenk (510), S. 380.

gewöhnlich als die Fähigkeit, Lichtintensitäten zu empfinden und von einander zu unterscheiden und bringt ihn in einen gewissen begrifflichen Gegensatz zum Farbensinn, worunter die Fähigkeit, Lichtarten qualitativ verschieden zu empfinden, verstanden wird[1].

Die Voraussetzung, daß Sinnesempfindungen durch alle möglichen Reize hervorgerufen werden können, wobei besonders die adäquaten Reize — für den Lichtsinn also das Licht — danach aber auch inadäquate Reize in Betracht kommen, trifft in unserem Falle zwar zu, die Verhältnisse gestalten sich aber insofern verwickelter, als der Empfindungseffekt eines bestimmten Lichtreizes von der jeweiligen „Stimmung“ des Auges beeinflußt wird. Nicht nur die Art des Reizes, sondern auch der besonders von der Art, Dauer und Intensität der vorausgegangenen Belichtung abhängige Erregbarkeitszustand des Sehorgans, speziell der eben gereizten Stelle, spielt dabei eine Rolle.

Die ermittelten generellen Schwellenwerte (minimum perceptibile) sind beim „Tages-“ und beim „Dämmerungssehen“ wesentlich verschieden und verändern sich mit der Adaptation bei letzterem sehr stark, bei ersterem nur in geringem Grade.

Unter sonst gleichen Umständen hängt der Empfindungseffekt von der Intensität, der räumlichen Ausdehnung und der Einwirkungszeit des Reizes ab. Wurde ein Reiz von konstanter Intensität durch Verminderung eines der beiden anderen Faktoren unterschwellig gemacht, so genügt eine Erhöhung der Intensität, um wieder eine Empfindung auszulösen. „Es gibt also kein zeitliches oder räumliches Minimum, das unter allen Umständen als Schwelle gelten könnte; vielmehr findet hier ein gewisses Wechselverhältnis zwischen Lichtstärke und (räumlicher und zeitlicher) Ausdehnung statt[2].“ Wie aus den Untersuchungen von Bloch[3] und Charpentier[4] hervorgeht, ist bei sehr kurzer Einwirkungszeit (bis 125 σ) die zum Hervorrufen einer merklichen Empfindung nötige Lichtstärke den Einwirkungszeiten umgekehrt proportional. Es gilt also hierfür das Gesetz, daß der Empfindungseffekt gleich ist dem Produkt aus der Intensität und der Einwirkungsdauer

---

[1] Lohmann (372), S. 366.

[2] v. Kries (320), S. 247.

[3] Bloch (65), S. 494.

[4] Charpentier, Arch. d'Ophthalmol., Bd. 10, 1890, S. 110.

des Reizes. Bei Verlängerung der Einwirkungszeit verschwindet diese Gesetzmäßigkeit; es scheint allerdings noch für ein weiteres, begrenztes Zeitausmaß eine gewisse komplizierte, noch nicht genügend bekannte Abhängigkeit zu bestehen, bei einer weiteren Vermehrung der Einwirkungsdauer (über $^1/_8$ Sek.) ergibt sich aber die davon völlige Unabhängigkeit der Schwellenintensität. Ähnliches gilt für die Beziehungen zwischen der Intensität und der räumlichen Ausdehnung (Riccó[1], Asher[2], Loeser[3]). So ermittelte Asher[4], daß der Empfindungseffekt durch das Produkt aus der Intensität und der Fläche gegeben erscheint, sofern der für die besagte Fläche in Betracht kommende Gesichtswinkel den Wert von 2 bis 3 Bogenminuten nicht übersteigt.

Die Größen der spezifischen Schwellen für das Farbensehen sowie die Unterschiedsschwellen interessieren hier nicht weiter.

Verschiedenen Punkten des Raumes entsprechen auch verschiedene Orte an einer die Empfindungen vermittelnden Sinnesfläche. Als Lokalzeichen bezeichnet man die vom Orte der Erregung abhängigen Verschiedenheiten der Empfindungen, als Raumsinn die Fähigkeit der Unterscheidung von Punkten des vorgestellten Raumes dank der Assoziierung der Lokalzeichen mit der Raumvorstellung.

Der optische Raumsinn oder Raumsinn des Auges bedeutet somit im allgemeinen die Fähigkeit der räumlichen Wahrnehmung mittels des Gesichtsinnes. Seit Hering[5] wird der Begriff bezw. dessen Feinheit dahin definiert, daß darunter die Fähigkeit des Auges, kleinste Verschiedenheiten in bezug auf Lage oder Größe zu erkennen, verstanden wird. Das wirkliche Maß für die Feinheit des optischen Raumsinnes im Sinne Herings erscheint daher gegeben durch den Gesichtswinkel des kleinsten Unterschiedes von Lagen, den das Auge eben noch zu erkennen vermag.

Die Versuche, die Größe des kleinsten mittels der Netzhaut wahrnehmbaren Flächenelementes festzustellen, stoßen insofern

---

[1] Riccó (486).
[2] Asher (26).
[3] Loeser (368).
[4] Asher (26), S. 411.
[5] Hering (258), S. 16.

auf Schwierigkeiten, als eine ganze Reihe von Faktoren, wie Helligkeit, Kontrast, Irradiation und Adaptation, dabei eine Rolle spielen. An erster Stelle ist es die absolute und relative Helligkeit des Flächenelementes und Grundes, die ins Gewicht fallen. Die für die kleinsten Gesichtswinkel ermittelten Zahlen sind deshalb immer nur relative Werte.

Aubert[1] bestimmte bei heller Tagesbeleuchtung für ein schwarzes Objekt auf 57mal hellerem Grunde den kleinsten Gesichtswinkel mit 25″, für ein weißes Objekt auf 57mal dunklerem Grunde aber mit 15″. Mit anderen Methoden erhielten Volkmann[2] (Methode der Streckenvergleichung) und Wülfing[3] (Noniusmethode) Werte bis zu 12·4″ bezw. 10″ herunter. Für die eigentliche Feinheit des Raumsinnes kommen streng genommen nur diese letzteren Methoden, die auf dem Prinzipe der Lagenunterschiede beruhen, in Betracht. Alle Ermittelungen über Punktsehschärfe (einzelne dunkle Punkte auf hellem Grunde) sind nach Koster[4] und Hofmann[5] bereits in das Bereich des optischen Auflösungsvermögens zu verweisen. „Für die Wahrnehmung eines schwarzen Punktes auf gleichmäßig hellem Grunde gelten also im Prinzipe ähnliche Voraussetzungen wie für die Wahrnehmung eines dunklen Zwischenraumes zwischen zwei hellen Punkten, nur sind freilich in letzterem Falle die Verhältnisse verwickelter, schon deshalb, weil nicht ein, sondern mehrere Details zu erkennen sind[5].“

Bereits an einer früheren Stelle (vgl. S. 18) wurde auf den grundlegenden Unterschied zwischen den Begriffen „optischer Raumsinn“ und „optisches Auflösungsvermögen“ verwiesen und dieses letztere als die Fähigkeit, mittels des Auges feinste getrennte Punkte oder Linien gesondert wahrzunehmen, definiert. Fassen wir den Begriff des Auflösungsvermögens (Unterscheidungsvermögen, Distinktionsvermögen) etwas weiter, so kann darunter überhaupt das Vermögen, feine Details wahrzunehmen, verstanden werden und als sein Maß kann dann der kleinste Gesichtswinkel

---

[1] Aubert (29), S. 578.
[2] Volkmann (601).
[3] Wülfing (631), S. 199.
[4] Koster (316), S. 129.
[5] Hofmann (275), S. 102.

gelten, unter dem ein durch seine Helligkeit bezw. Farbe von der Umgebung verschiedener Gegenstand eben noch erkannt wird. Die untere Wahrnehmbarkeitsgrenze für Einzelheiten hängt in erster Linie von der Größe und dem gegenseitigen Abstande der lichtempfindlichen, isoliert für sich reizbaren Netzhautelemente, d. h. der Empfindungskreise ab.

Welcher Einfluß der Mangelhaftigkeit des dioptrischen Apparates auf die Schärfe der Netzhautbilder zukommt, wurde schon des öfteren hervorgehoben. Selbst in den günstigsten Fällen kommt anstatt eines Punktbildes ein physiologisches „Aberrationsgebiet" zustande, ganz zu schweigen von dem bereits abnormalen „Zerstreuungsgebiete", das durch mangelhafte Akkommodation veranlaßt wird[1]. Dem Vorhandensein dieses Aberrationsgebietes ist es hauptsächlich zu danken, daß das Auflösungsvermögen des Auges so weit hinter der Feinheit des optischen Raumsinnes, der Empfindlichkeit für Lagenunterschiede, zurücksteht. Die von den einzelnen Forschern gefundenen Werte für die diesbezüglich kleinsten Gesichtswinkel gehen recht beträchtlich auseinander und schwanken zumeist zwischen 50″ und 2′. Meist wurde als Mittelwert 1′ angenommen und diese Größe bekanntlich der Konstruktion aller älteren Sehproben zugrunde gelegt. Die große Verschiedenheit der von den einzelnen Beobachtern mit Hilfe verschiedener Objekte unter verschiedenen Bedingungen ermittelten Werte für das Auflösungsvermögen gibt schon einen Hinweis dafür, daß derartige Feststellungen durch die besonderen Verhältnisse der einzelnen Beobachtungen wesentlich beeinflußt werden können. Insbesondere muß auf „die absolute Lichtstärke der beobachteten Objekte und auf das Verhältnis ihrer Lichtstärke zu der Umgebung (bei farbigen Objekten außerdem auf den Farbenunterschied)"[2], ferner auf die Allgemein- und Lokaladaptation der Netzhaut Rücksicht genommen werden. Eine recht wesentliche Rolle spielt weiter auch der für verschiedene Gegenstände sehr verschiedene Grad der Irradiation und der dieser entgegenwirkende Kontrast, da von diesen Umständen der scheinbare Abstand der Gegenstände von einander abhängt.

---

[1] Schenk (511), S. 79.

[2] Hofmann (275), S. 102.

Die Fähigkeit, feine Details zu unterscheiden, wurde in der vorstehenden Darstellung ausdrücklich als eine Funktion des optischen Auflösungsvermögens aufgefaßt. Es sei dies insofern betont, als diese Fähigkeit von mancher Seite als eine Betätigung des sogenannten Formensinnes angesehen wird. Da es sich bei dem Vermögen, feine Einzelheiten zu sehen, zweifellos um einen physiologischen Vorgang handelt, dessen anatomisches Substrat durch das Retinamosaik gegeben ist, so erscheint mir bei der von mir vertretenen Auffassung des Begriffes „Formensinn" eine Zuzählung zu letzterem undurchführbar.

Der optische Formensinn, wie früher (S. 20) definiert, das Vermögen, mittels des Auges Eigentümlichkeiten der Form oder Abweichungen der Formen voneinander wahrzunehmen, läßt sich mit den bisher besprochenen „Sinnen" schon gar nicht in eine Reihe stellen. Es handelt sich hierbei um Erscheinungen, die zum Großteil bereits auf psychologischem Gebiete liegen, für die Sehschärfe aber keineswegs gleichgültig bleiben und sich auch bei Sehschärfeprüfungen, besonders wenn diese mit Buchstabenproben angestellt werden, recht merklich geltend machen können.

Von manchen Seiten, z. B. von Schenk[1] wird die Existenz des Formensinnes rundweg bestritten, da sich alle Erscheinungen des Sehens auf Licht- und Raumsinn allein zurückführen ließen. Als rein physiologische „Sinnesqualität" erscheint die Aufstellung des Formensinnes gewiß nicht gerechtfertigt und alle Ausführungen in diesem Sinne sind mißglückt. Allein ich möchte die Ansicht vertreten, und manche Stellen diesbezüglicher Arbeiten scheinen dasselbe zu besagen, daß der Begriff „Formensinn" nichts anderes bedeute als einen allerdings nicht glücklich gewählten Sammelnamen für gewisse Faktoren vorwiegend psychischer Natur. Zweifellos gibt es verschiedene variable Faktoren im Bereiche der postretinalen Komponente der Sehschärfe, die an der Bestimmung der letzteren teilhaben und die in dem Worte „Formensinn" ihren Ausdruck finden.

Im Anschlusse an diese Ausführungen sei ein Beispiel über die Wahrnehmung einfachster Formen und die Lokalisierung von Richtungen hier besprochen.

---

[1] Schenk (510), S. 388.

Die Grundformen, auf die sich die Gestalten der Gegenstände zurückführen lassen, sind nach Guillery gerade Linien, gekrümmte Linien und Kombinationen aus beiden. Am einfachsten liegt wohl der Fall, wenn wir es nur mit geraden Linien zu tun haben. Für zwei Gerade gibt es nur zwei Möglichkeiten, sie sind entweder parallel, oder sie, beziehungsweise ihre Verlängerungen, treffen unter einem Winkel auf einander. Eine Winkelbildung kann aber auch stets in der Weise gedeutet werden, daß eine Gerade an irgend einer Stelle ihres Verlaufes eine plötzliche Richtungsänderung oder Abknickung erfährt. Guillery[1] bemühte sich, durch interessante Versuche den diesbezüglichen Schwellenwert festzustellen und fand, daß sich die Knickung unter der Voraussetzung einer bestimmten, nicht zu geringen Schenkellänge eben wahrnehmen ließ, wenn die Abweichung von der Geraden zirka 23′ betrug. Für die Beurteilung des Parallelismus zweier Linien ließ sich der Nachweis erbringen, daß „die Schätzung der Zwischenräume an den Enden zweier Linien viel ungenauer erfolgt, als wir nach unseren Erfahrungen über das Augenmaß erwarten sollten, und daß anderseits ein Anwachsen des Fehlers nicht in der Weise stattfindet, wie wir es bei Untersuchung des Augenmaßes bemerken.“[2] Eine Erklärung dieser Erscheinungen dürfte wohl in der Weise gegeben werden, daß wir uns hier bereits im Geltungsbereiche der „optischen Täuschungen“ bewegen. In Verfolgung Lippsscher[3] Anschauungen könne man annehmen, daß die Vorstellung gleicher Richtung bei zwei neben einander laufenden Linien so lange wie möglich festgehalten werde, so daß die Unterschiede in dem Zwischenraume weniger deutlich hervortreten. Bemerkenswert bleibt ferner die Feststellung Guillerys, daß das Unterscheidungsvermögen für Abweichungen vom Parallelismus bei vertikalen Linien stets feiner ist als bei horizontalen.

Die Form eines Objektes, dessen Umrisse sich auf gerade Linien zurückführen lassen, wird lediglich durch die Größe der Knickungswinkel dieser Geraden bestimmt. Bei einer gleichmäßigen Vergrößerung oder Verkleinerung einer derartigen Figur erfährt die Größe der Winkel und demgemäß auch die Er-

[1] Guillery (232), S. 473.

[2] Guillery (232), S. 489.

[3] Lipps (366).

kennbarkeit der an der Figur vorhandenen Knickungen keine Änderung.

Um die Krümmung einer Linie wahrnehmen zu können, muß diese eine bestimmte, vom Krümmungsradius abhängige Länge besitzen. Stücke, die diese Minimallänge nicht erreichen, werden nicht den Eindruck einer gekrümmten, sondern den einer geraden Linie hervorrufen. Je flacher in einem gegebenen Falle die Krümmung einer Linie ist, desto größer wird die für die Beurteilung der Krümmung unbedingt nötige Minimallänge, das heißt mit anderen Worten: Eine Abflachung der Krümmung verlangt eine Zunahme des Netzhautbildes und umgekehrt. Eine Gesetzmäßigkeit für das gegenseitige Abhängigkeitsverhältnis ließ sich dagegen nicht ermitteln. Diesen Darlegungen läßt sich daher entnehmen, daß die Erkennbarkeit einer Figur, deren Umrisse sich aus gebogenen Linien zusammensetzen, nicht unbeeinflußt bleiben kann, sobald man Vergrößerungen oder Verkleinerungen vornimmt.

Betrachtet man nun Figuren, deren Konturen sich teils auf geknickte gerade, teils auf gekrümmte Linien zurückführen lassen, und bestimmt nach der Größe des Netzhautbildes, das für ihre Erkennbarkeit nötig ist, „die Leistungsfähigkeit des Sehorgans, so werden bei dieser Messung verschiedene Faktoren vermischt, die keinen gemeinsamen Maßstab haben“[1]. Dieser Fall liegt aber bei der Verwendung der landläufigen Buchstabensehproben meist vor.

Bei fast sämtlichen Sehproben begegnen wir tiefschwarzen, auf weißem Grunde aufgetragenen Zeichen. Es bleibt deshalb noch zu erörtern, ob und inwieweit für das Erkennen der Proben der gegensätzliche Einfluß dieser gleichzeitigen optischen Eindrücke in Frage kommt.

Es kann sich hierbei nur um Erscheinungen des „gemischten Kontrastes“ im Sinne Herings[2], also um ein Zusammenfließen des reinen Nebenkontrastes (Umgebungskontrast, simultaner Helligkeitskontrast, Simultankontrast) mit dem Nachkontraste (Sukzessivkontrast, Sukzedankontrast) handeln. Bei der Art und Weise, wie Sehschärfeprüfungen gewöhnlich angestellt werden, sind Blickschwankungen von relativ beträchtlicher Ex-

[1] Guillery (232), S. 498.

[2] Hering (259), S. 118.

kursion, ganz abgesehen von den ständigen Einstellungsbewegungen, alles eher denn auszuschließen. Dadurch wird aber der Nachkontrast eben hervorgerufen. Wird nämlich infolge dieser Bewegungen ein Netzhautbild von gleichbleibender Lichtstärke von einer Netzhautstelle auf eine andere verschoben, die eben noch stärker belichtet war, so wird es schwärzer, kommt es auf eine vorher schwächer belichtete zu liegen, so wird es heller (weißer) erscheinen, als es sonst der Fall wäre. Je kleiner in einem gegebenen Falle die in Betracht kommende Netzhautstelle ist, desto mehr werden jene kleinen Blickschwankungen und damit die Wirkung des Sukzessivkontrastes ins Gewicht fallen. Anderseits wird aber ein Bild während seines Verweilens an einer bestimmten Netzhautstelle schwärzer erscheinen, wenn es von einem lichtstärkeren, heller, wenn es von einem lichtschwächeren umschlossen, wird (Nebenkontrast). Die Erscheinungen dieses Simultankontrastes treten auf kleinen Feldern deutlicher hervor als auf großen, da der gegensätzliche Sekundäreffekt merklich mit der Entfernung von der gereizten, beziehungsweise primär erregten Netzhautstelle abnimmt[1].

Alle unsere Sehproben stellen konturierte Figuren auf gleichmäßigem Grunde dar. Es muß daher auch für sie das Gesetz der Prävalenz der Konturen Geltung haben, d. h. die größten Helligkeitsunterschiede herrschen zu beiden Seiten der Grenzen und bedingen dadurch das besonders deutliche Hervortreten der Umrisse. Diese Erscheinungen sind bekanntlich auf Kontrastdifferenzen zurückzuführen, die als „Grenzkontrast" (Randkontrast) vom Flächenkontrast abgetrennt wurden, ihrem Wesen nach aber nach Tschermak[2] nichts prinzipiell Verschiedenes darstellen.

Es muß hier ferner noch auf eine der merkwürdigsten Tatsachen der physiologischen Optik hingewiesen werden, nämlich auf die angenäherte Konstanz der Farben der Sehdinge trotz großer quantitativer oder qualitativer Änderungen der allgemeinen Beleuchtung des Gesichtsfeldes. Hering[3] zeigte, daß schwarze Druckbuchstaben bei heller Mittagsbeleuchtung etwa dreimal lichtstärker sind, als es der umgebende weiße Papier-

---

[1] Tschermak (587), S. 745.
[2] Tschermak (587), S. 743.
[3] Hering (259), S. 16.

grund bei Frühmorgenbeleuchtung war. Und trotzdem erscheinen bei der einen wie bei der andern Beleuchtung die Buchstaben schwarz und das Papier weiß. Wäre die Farbe oder, wie man hier auch sagen kann, die Helligkeit des Papiers und die Dunkelheit der Buchstaben nicht innerhalb weiter Grenzen von der Beleuchtungsstärke unabhängig, so müßten dieselben Zeichen, die morgens schwarz erscheinen, mittags weiß und sogar noch viel heller aussehen als des Morgens das weiße Papier, oder es müßte umgekehrt das weiße Papier morgens tiefer schwarz erscheinen als die Buchstaben mittags.

Für die Sehschärfe bleibt ferner noch die Dauer der Beobachtung maßgebend. Besonders bei der Prüfung der „Erkennungsschärfe" mit komplizierter geformten Probeobjekten finden kleine Einstellbewegungen des Auges statt, die eine bestimmte Zeit erfordern. Broca und Sulzer[1] haben nachgewiesen, daß die für das Erkennen eines Gegenstandes nötige Zeit rascher zunimmt als der Gesichtswinkel desselben abnimmt.

Viele der in diesem Kapitel besprochenen Erscheinungen gehören bereits in das physiologisch-psychologische Grenzgebiet. Ich habe es deshalb vorgezogen, von einer gesonderten Besprechung der Faktoren, die der retinalen und jener, die der postretinalen Komponente zuzurechnen wären, abzusehen, da dadurch jedenfalls innerlich Zusammengehöriges auseinandergerissen worden wäre.

Es sei schließlich noch auf den Einfluß hingewiesen, der der Feinheit der Verarbeitung stattgehabter Eindrücke durch das Nervensystem zukommt. Wie bei allen Sinnesfunktionsprüfungen, so spielt auch bei der Sehprüfung die Intelligenz, Aufmerksameit, Übung u. dgl. eine hervorragende Rolle.

[1] Broca und Sulzer (84).

Zur Methodik der Sehschärfeuntersuchungen.

1. Beleuchtung.

Anlaß für zahlreiche Erörterungen in bezug auf die Sehschärfeuntersuchungen bot die leidige Beleuchtungsfrage. Alle unsere üblichen Lichtquellen, sei es nun das natürliche Tageslicht, seien es künstliche Quellen, leiden an großer Inkonstanz, so daß eine am Beginn eines Versuches vorgenommene photometrische Bestimmung nicht den Schluß rechtfertigt, es hätten auch während des Versuches dieselben Beleuchtungsverhältnisse geherrscht.

Für die Bedürfnisse des Praktikers dürfte nach wie vor die Untersuchung im Zimmer bei mittlerer Tagesbeleuchtung das zweckentsprechendste sein. Die dabei allerdings vorkommenden, recht beträchtlichen Schwankungen der Beleuchtungsstärke[1] werden durch die Adaptationsfähigkeit des Auges und durch das Pupillenspiel weitgehend ausgeglichen und die unter solchen Verhältnissen vorgenommenen Brillenbestimmungen werden auch den Anforderungen des täglichen Lebens am ehesten gerecht. Zudem hat die Verwendung einer konstanten künstlichen Beleuchtung der Sehproben nur dann einen Sinn, wenn auch stets von einem konstanten Adaptationszustande, d. h., mit anderen Worten, von vollständiger Dunkeladaptation ausgegangen wird. Der zur Er-

---

[1] Unter Beleuchtungsstärke versteht man die Lichtmenge, die während der Zeiteinheit auf die Oberflächeneinheit eines Körpers fällt. Sie ist unabhängig von der Natur der beleuchteten Fläche.

Mit Lichtstärke eines selbstleuchtenden oder beleuchteten Körpers bezeichnet man die vom ganzen Körper, mit Helligkeit im physikalischen Sinne, die von jeder Oberflächeneinheit dieses Körpers in der Zeiteinheit ausgestrahlte Lichtmenge.

reichung einer solchen unbedingt nötige Dunkelaufenthalt kann aber aus naheliegenden Gründen für die Praxis nicht in Betracht kommen.

Etwas anderes ist es natürlich, wenn es sich um wissenschaftliche physiologische Untersuchungen handelt. Auch dafür können natürliche Lichtquellen, sowohl als direktes Sonnenlicht als auch als diffus ausgestrahltes Tageslicht, Verwendung finden. Bei klarem Himmel herrscht unter Umständen durch mehrere Stunden Konstanz dieses Lichtes in quantitativer und qualitativer Beziehung bei sehr hoher Intensität. Will man auch die Richtung der direkten Sonnenstrahlen durch längere Zeit unverändert erhalten, dann ist die Verwendung eines Heliostaten allerdings nicht zu umgehen. Bei bewölktem Himmel müssen aber erhebliche, für uns nicht ohneweiters wahrnehmbare Qualitäts- und Intensitätsänderungen des Lichtes in Rechnung gesetzt werden.

In den meisten Fällen wird man für solche Zwecke heute daher künstlichen Lichtquellen den Vorzug einräumen. Die verschiedensten Lichter können hierzu verwendet werden, nur wird man für möglichste Konstanz Sorge zu tragen haben. Bei sorgfältigen Versuchen, bei denen es auf die Konstanz der Beleuchtungsintensität ankommt, wird man zudem eine photometrische Kontrolle nicht umgehen können.

Von elektrischen Lichtquellen sind in erster Linie Metallfadenglühlampen (Osmium-, Osram-Glühlampen usw.) zu empfehlen. Besonders wenn sie von einer galvanischen Batterie oder von Akkumulatoren bei konstanter Spannung gespeist werden, zeigen sie eine sehr zufriedenstellende Konstanz. Ihr Licht ist weißer als das von Kohlenfadenglühlampen; auch zeigen sie im Laufe länger dauernder Verwendung geringere Veränderungen als letztere. Stets ist den Lampen geringerer Kerzenstärke der Vorzug vor den stärkeren einzuräumen, da diese rascher und in höherem Grade in ihrer Leuchtkraft nachlassen. Werden höhere Beleuchtungsintensitäten benötigt, dann ist eben die Zahl der Lampen zu vermehren, die nach Tunlichkeit hintereinander, bei niedriger Spannung, brennen sollen.

Das Auerlicht, das sich durch seinen Reichtum an blauen und violetten Strahlen auszeichnet, leidet stets an einer gewissen Inkonstanz. Nicht nur die Schwankungen des Gasdruckes, die

eventuell durch die Speisung aus einem eigenen Gasometer behoben werden können, sondern auch Schwankungen der Luftzufuhr (Zugluft), Veränderungen an den Glühkörpern durch Erschütterung oder Zusammenziehung usw. können die Quellen nicht zu unterschätzender Fehler werden. Auch Spiritus- und Petroleumglühlampen teilen einzelne dieser Unzukömmlichkeiten mit dem Gasglühlicht, wiewohl sie diesem gegenüber unbestreitbare Vorzüge besitzen. Nie darf aber übersehen werden, daß die einzelnen Glühkörper in bezug auf die Qualität des ausgestrahlten Lichtes sehr ungleichwertig sein können und daß sich durch Aufsetzen eines neuen Glühstrumpfes die Verhältnisse oft wesentlich ändern.

Die Flammen der Petroleumlampen, Benzinlampen und Kerzen zeichnen sich durch eine rötlichgelbe Färbung, bedingt durch die geringen Mengen blauer Strahlen, aus. Sie besitzen eine sehr hohe Konstanz der Intensität, die sich durch Messung der Flammenhöhe kontrollieren läßt, und ermöglichen es, ein Licht von derselben Zusammensetzung und nahezu gleicher Intensität zu verschiedenen Zeiten immer wieder herzustellen. Gaslicht ohne Glühkörper, das auch dieser Kategorie zuzuzählen wäre, leidet unter der Inkonstanz des Gasdruckes. Dagegen teilt es mit den erwähnten Lampen die vorteilhafte Eigenschaft, beträchtliche Intensitätsänderungen durch Variieren der Flammenhöhe zu ermöglichen, ohne daß sich dabei die Zusammensetzung des Lichtes merklich ändert.

Kerzenflammen können ob ihrer einfachen Handhabung dann gute Dienste leisten, wenn man verhältnismäßig geringe Lichtintensitäten benötigt und Störungen durch bewegte Luft nicht befürchtet zu werden brauchen. Dafür kommen lediglich die sogenannten „Normalkerzen“ (Deutsche Vereins-Paraffinkerzen [VK], angefertigt nach den Beschlüssen des Deutschen Vereines von Gas- und Wasserfachmännern unter kommissioneller Aufsicht) in Betracht. Von diesen Kerzen haben 10 Stück ein Gewicht von 500 *g* (10 auf ein Zollpfund). „Jede Kerze hat genau zylindrische Form und einen Durchmesser von 20 *mm*. Sie ist aus möglichst reinem Paraffin (unter Zusatz von zirka 2 % Stearin) mit einem Erstarrungspunkte von 55 ° C angefertigt. Die Dochte der Kerze sind in tunlichster Gleichförmigkeit aus 14 baum-

wollenen Faden geflochten; ein laufender Meter der Dochte hat im trockenen Zustande ein Gewicht von 0·668 *g*. Ein roter Faden im Dochte unterscheidet die Vereinskerze von anderen Kerzen.

Die Kerzenflamme soll während der Lichtmessung eine Höhe von 50 *mm* haben, gemessen vom Ursprung der Flamme am Dochte bis zu deren Spitze. Um diese Höhe zu erreichen, läßt man die angezündete Kerze ruhig brennen, bis ein gleichmäßig mit flüssigem Paraffin angenetzter Teller sich gebildet hat. Durch vorsichtiges Putzen (Schneuzen) des Kerzendochtes bringt man, wenn nötig, die Flamme auf die Höhe von 50 *mm* und erhält sie in gleicher Weise auf derselben.

Der Verbrauch der Kerze an Paraffin beträgt in diesem Zustand etwa 7·7 *g* die Stunde. Die geeignetste Temperatur des Raumes, in welchem Lichtmessungen angestellt werden, ist 17·5° C.“

Verglichen mit anderen gebräuchlichen Einheiten der Lichtmessung entsprechen

$$1 \text{ Vereinskerze (VK)} = \begin{cases} 1{\cdot}2 \text{ Hefnerkerze (HK)}, \\ 1{\cdot}1 \text{ englische Kerze (EK)}. \\ 0{\cdot}112 \text{ Carcel.} \end{cases}$$

Bei Laboratoriumsuntersuchungen über die Sehschärfe können alle diese aufgeführten Lichtarten Verwendung finden, nur muß daran festgehalten werden, daß die Ergebnisse ob der verschiedenen spektralen Zusammensetzung der einzelnen Lichtquellen nicht ohneweiters verallgemeinert werden dürfen. Diese Verschiedenheiten haben allerdings mehr für spezielle Lichtsinnprüfungen Bedeutung als für Sehschärfeproben schlechthin, sie dürfen aber doch nicht vernachlässigt werden, sobald man den Lichtsinn als einen für die Sehschärfe maßgebenden Faktor ansieht.

Einiges Interesse verdient vielleicht noch die Besprechung der einzelnen Verfahren, um Lichtintensitäten abzustufen.

Dieses Ziel kann erstens durch Regulierung der Lichtquelle selbst erreicht werden. Die schon vorhin erwähnte Änderung der Flammenhöhe bei bestimmten Lichtquellen ermöglicht ziemlich exakte Variationen, wenn auch das Geltungsbereich naturgemäß ziemlich beschränkt bleibt. Von Versuchen, bei elektrischen Lampen durch Vorschaltung verschiedener Widerstände Abstufungen

zu erzielen, kann ob der zahlreichen Fehlerquellen nicht genug abgeraten werden.

Eine zweite Methode beruht auf der Veränderung des Abstandes zwischen Lichtquelle und Objekt. Die Beleuchtung, die ein Lichtpunkt auf einer gegen die Lichtstrahlen normalen Fläche hervorbringt, ist dem Quadrate der Entfernung der Fläche vom Lichtpunkte umgekehrt proportional. Genau genommen gilt für die Beleuchtungsstärke b einer Fläche, die von den Strahlen einer im Abstande r befindlichen Lichtquelle unter dem Einfallswinkel α getroffen wird, die Formel $b = \frac{k.i.\cos\alpha}{r^2}$, wobei k eine von der Beschaffenheit der Fläche abhängige Konstante und i die Lichtintensität der Lichtquelle bedeutet.

Fehler können bei dieser Methode dadurch bedingt werden, daß verschieden merkliche Lichtmengen bei veränderter Stellung der Lichtquelle von den Zimmerwänden oder sonstigen Gegenständen reflektiert werden. Durch Verschieben der Lampe in einer röhrenförmigen Abblendung kann die Bestrahlung der Umgebung wesentlich eingeschränkt werden.

Endlich kommen für die Abschwächung des Lichtes noch besondere einzuschaltende Vorrichtungen, wie Absorbentien (Matt-, Milch- und Rauchglasplatten), Spaltvorrichtungen, Blenden, Episkotister und eventuell noch Polarisationsvorrichtungen in Betracht.

Diese kurzen Erörterungen über die Beleuchtungstechnik bedürfen bei dem engen Abhängigkeitsverhältnisse der Sehschärfe von der Beleuchtungsintensität wohl keiner besonderen Rechtfertigung. Bereits im XVIII. Jahrhundert (Tobias Mayer, 1754) bemühte man sich, diese Wechselbeziehungen in einer mathematischen Formel zum Ausdruck zu bringen. Die Ergebnisse der verschiedenen darauf gerichteten Versuche waren aber so wenig befriedigend und so widersprechend, daß Cohn[1] sich noch 1884 zu dem Schlusse berechtigt sah, wir seien von der Aufstellung eines Gesetzes über den Zusammenhang von Beleuchtung und Sehschärfe noch weit entfernt. Über die gesamte ältere Literatur über diesen Gegenstand, die hier füglich über-

[1] Cohn (124), S. 223.

gangen werden kann, gibt W. Uhthoff[1] in seiner diesbezüglichen Arbeit einen guten Überblick. Er wurde im Verlaufe seiner Untersuchungen auf weitgehende individuelle Verschiedenheiten aufmerksam, so z. B. daß bei einer Beleuchtungssteigerung, bei der bei normalen Menschen die Sehschärfe noch zunimmt, bei einzelnen Personen diese wegen Überblendung schon sinkt, während bei den schwachen Beleuchtungsintensitäten deren Sehschärfe unverhältnismäßig gut ist, ja, relativ gerechnet, entschieden höher als beim Durchschnittsauge. Er verzichtet deshalb auf die Aufstellung eines bestimmten mathematischen Gesetzes über die Abhängigkeit der Sehschärfe von der Beleuchtungsintensität; ja er sieht sich sogar zu dem Ausspruche veranlaßt: wir müssen „die Zulässigkeit solcher bestimmt formulierten Gesetze, wie sie von verschiedenen Autoren aufgestellt worden sind, direkt zurückweisen, sobald es sich um Variationen der Beleuchtungsintensität in weiteren Grenzen handelt“[2].

Neuerdings kam König[3] auf Grund sorgfältiger Untersuchungen zu dem Schlusse, daß die Sehschärfe S eine lineare Funktion des Logarithmus der Beleuchtungsintensität B des gesehenen Gegenstandes darstelle. Seine Formel lautet $S = A (\log B - \log C)$, worin der Faktor A eine von der Natur des benutzten Lichtes unabhängige, die Konstante C eine dem Helligkeitswerte des benutzten Lichtes umgekehrt proportionale Größe darstellt. A und C wären jedoch wesentlich verschieden, je nachdem Zapfen oder Stäbchen für die Perzeption des Lichtes in Betracht kommen; im ersteren Falle wäre A ungefähr zehnmal so groß als im letzteren.

Während früher von N. Th. Klein[4] und anderen die Behauptung aufgestellt wurde, die Sehschärfe wachse immer mehr, wenn auch zum Schlusse in geringerem Grade, solange man imstande sei, die Beleuchtungsstärke zu steigern, teilt man heute nicht mehr diese Anschauung. Nach Laan und Pickema[5] erreicht die menschliche Sehschärfe bei einer Beleuchtung zwischen

---

[1] Uhthoff (590), S. 171 ff.
[2] Uhthoff (590), S. 202.
[3] König (313), S. 559.
[4] Klein (303), S. 317.
[5] Laan und Pickema (325).

30 und 50 Meterkerzen ihr Maximum. Eine deutliche Verminderung soll bei einer Beleuchtung von 10 Meterkerzen abwärts[1] festzustellen sein; das Minimum wurde bei einer Beleuchtung von 2·5, nach den neueren Untersuchungen von Colombo[2] sogar von weniger als 1 Meterkerze ermittelt.

Erwähnt zu werden verdienen ferner die Versuche Tschemollossows[3] über den Einfluß seitlicher Beleuchtung auf die Veränderung der zentralen Sehschärfe. Es zeigte sich, daß die monokulare Sehschärfe durch seitliche Beleuchtung des fixierenden Auges in gewissen Fällen herabgesetzt, in anderen gehoben wird. Eine Herabsetzung erfolgt bei schwacher Beleuchtung des fixierten Gegenstandes und starker seitlicher Beleuchtung einerseits infolge der schon an anderer Stelle (vgl. S. 32) erwähnten Erscheinungen der Blendung, anderseits als Folge der Pupillenverengung, wodurch das ohnehin lichtschwache Bild des zentralfixierten Gegenstandes noch lichtschwächer wird. Bei guter Beleuchtung des fixierten Objektes und schwachem seitlichen Licht kann aber eine Verbesserung der Sehschärfe wegen der durch das schwache Seitenlicht angeregten höheren Empfindlichkeit des Auges und der doch auch gleichzeitig hervorgerufenen Pupillenverengung erzielt werden.

2. Versuchsanordnungen.

Bei allen Versuchen mit künstlicher Beleuchtung ist als Versuchsraum ein dicht abschließbares Dunkelzimmer von solcher Größe zu wählen, daß Bestimmungen in 6 *m* Entfernung noch bequem vorgenommen werden können. Schwarze, matte Wandbekleidung und Fehlen lichtreflektierender Einrichtungsgegenstände sind wünschenswert.

Was nun die näheren Versuchsanordnungen betrifft, so gibt es deren beinahe ebenso viele, als Forscher auf dem Gebiete tätig waren. Ich möchte hier lediglich dasjenige bringen, was ich aus eigener Anschauung für zweckmäßig erachte.

Die Untersuchungen pflegen herkömmlicherweise so begonnen zu werden, daß man die Versuchsperson in einem Abstande von

---

[1] Landolt (343), S. 455.

[2] Colombo (139).

[3] Tschemollossow (585), S. 303.

5 oder 6 *m* von den Probeobjekten, das ist in einer Entfernung, für die man die Einstellung auf ∞ mit Sicherheit annehmen kann, aufstellt. Gelingt für diese Entfernung die Erkennung nicht oder hat man sonstige Gründe, den Versuch zu variieren, so bleiben zwei Möglichkeiten offen:

1. Man ändert den Abstand zwischen Versuchsperson und Objekt,
2. man verändert die Größen der Probeobjekte.

Schlägt man ersteren Weg ein, so empfiehlt es sich nicht, wie es in der augenärztlichen Praxis vielfach üblich, die Versuchsperson sich den Proben nähern zu lassen. Es ist vielmehr angezeigt, das Umgekehrte zu machen, da der ruhig Sitzende die Beobachtungen mit viel größerer Ruhe und Genauigkeit vornehmen kann[1]. Um die mitunter ziemlich komplizierte Versuchszusammenstellung bequem in Bewegung setzen zu können, ist es rätlich, dieselbe auf einem mit Rollen versehenen Tische herzurichten, der sich auf 5 oder 6 *m* langen, mit Zentimeterteilung versehenen Schienen verschieben läßt.

Ich möchte aber unbedingt der zweiten Methode mit fixer Distanz den Vorzug einräumen, da wir es bei einem Heruntergehen des Abstandes unter 5 *m* mit einer auch für das menschliche Auge schon „endlichen“ Entfernung zu tun haben, so daß bereits die Akkommodation und die damit zusammenhängenden Vorgänge nicht mehr ausgeschlossen werden können. Zudem machen sich mitunter auch gewisse psychische Einflüsse infolge der vorausgegangenen Bewegungswahrnehmung bei Verschiebung des ganzen Apparates störend bemerkbar. Der einzige Übelstand — wenn man dieses rein äußerliche, mit der Sache an sich gar nicht zusammenhängende Moment so bezeichnen darf — liegt bei der Methode mit fixer Distanz in der großen Zahl der für die Versuche notwendigen Probeobjekte in abgestuften Größen und dem für die Herstellung und jedesmalige Einstellung derselben nötigen Zeitaufwande. Bei manchen Untersuchungen wird man daher zu der bequemeren Verkleinerung der Probeobjekte auf optischem Wege mit Hilfe des Makroskopes von Volkmann[2] seine

[1] Silfvast (538), S. 416.

[2] Volkmann (601), S. 5, und Aubert (28), S. 200.

Zuflucht nehmen. Dadurch wird es möglich, mit viel größeren, technisch leichter exakt herzustellenden Probeobjekten und mit kleineren Abständen zwischen Untersuchungsperson und Probeobjekt zu arbeiten. Jede Variation der Entfernung des Auges (S) von dem durch die Makroskoplinse entworfenen Bildchen durch Veränderung des Röhrenauszuges bedingt eine Größenänderung des Gesichtswinkels α. Seine Berechnung erfolgt nach der Formel $\operatorname{tg} \alpha = \frac{O \cdot f}{E \cdot S}$, worin O die Objektgröße, f die Brennweite der Makroskoplinse, E den Abstand des Objektes von der Linse und S den Abstand des Auges vom Linsenbilde bedeutet.

Die Versuchsperson hat am besten auf einem Drehsessel Platz zu nehmen; der Kopf kann durch einen Kopfhälter in derartiger Lage fixiert werden, daß die Gesichtslinie des untersuchten Auges mit der Ebene des Probeobjektes einen Winkel von 90^0 einschließt. Mitunter leistet die Verwendung von stenopäischen Lücken gute Dienste (Claude du Bois-Reymond[1]). Zu diesem Zwecke befestigt man an einem geeigneten Stative, Gueridon usw., ein innen und außen mit schwarzem Tuchpapier ausgekleidetes Papprohr von 1 *m* Länge und 25 *mm* lichter Weite (Heringsche Dunkelröhre). An der dem Beobachter zugekehrten Seite sind Ansatzstücke, die die mit den entsprechenden Bohrungen (meist 1, 1·5 oder 2 *mm* Durchmesser) versehenen Metallplättchen enthalten. Diese Einrichtung hat neben der Erzielung einer größtmöglichen Sehschärfe noch den Vorteil, daß bei entsprechender Befestigung der Röhre für jede neue Versuchsperson ohne weitere Messungen Entfernung, Höhenabstand usw. genau festgelegt sind.

Für die Versuchszusammenstellung im einzelnen, besonders für die gegenseitige Anordnung zwischen Probeobjekt und Lichtquelle, bleibt es maßgebend, ob man die Untersuchung im durchfallenden oder im auffallenden Lichte vornimmt.

Die erstere Methode setzt selbstverständlich voraus, daß die Probeobjekte auf einem transparenten Grunde, z. B. auf Zelluloidplättchen, wie die durchleuchtbaren Taschensehproben von A. Pichler[2], aufgetragen werden. Auch für Untersuchungen des

[1] du Bois-Reymond (71).

[2] Pichler (460).

Licht- und Farbensinnes eignet sich diese Methode sehr gut, indem man in geeigneter Weise durchbohrte Platten von rückwärts beleuchtet und auf diese Weise leuchtende Punkte oder Figuren erhält. Die Tafeln mit den Probeobjekten sind durch eine geeignete Schiebervorrichtung in den Vorderwandausschnitt einer größeren Kiste einzusetzen. Die Kiste soll innen und außen schwarz ausgekleidet sein, braucht aber, sofern man sie auf einen Tisch stellt, einen Boden nicht zu besitzen, dagegen ist es vorteilhaft, wenn sich die Rückwand aufklappen läßt. Innerhalb dieses Kastens befindet sich die Lichtquelle; selbstverständlich muß für die Ableitung der Verbrennungsgase durch ein in den Deckel der Kiste eingelassenes gebogenes Metallrohr Sorge getragen werden. Verfügt man über ein geeignetes Doppelzimmer, dann kann man sich diese Kiste ersparen, und die Proben lediglich in einem Türausschnitte, in einer vorgespannten Wand u. dgl. anbringen. Bei Versuchen in einem großen, schwarz ausgekleideten Zimmer und der Verwendung schwacher Lichtquellen genügt übrigens meist schon ein Schirm von 1 bis 1·5 *m* im Geviert, der einen für das Probeobjekt bestimmten Ausschnitt trägt. Die geringen Lichtmengen, die sich von den hinter dem Schirm aufgestellten Lichtquellen im ganzen Zimmer verbreiten, üben, wenigstens bei Sehschärfeversuchen, noch keinen merklichen Einfluß auf das Resultat aus.

Ein derartiger Schirm eignet sich besonders für Versuche mit auffallendem Lichte. Diese Methode ist insofern sehr wichtig, als z. B. vergleichende Versuche über die landläufigen Sehproben auf diese Weise vorgenommen werden müssen.

Wird in der Praxis eine Sehschärfebestimmung bei künstlicher Beleuchtung angestellt, dann befindet sich die Lichtquelle häufig hinter dem Kopfe des Beobachters. Sie muß ziemlich kräftig sein, um bei der ansehnlichen Entfernung von der zu beleuchtenden Tafel noch zu genügen, übergießt den ganzen Raum mit Licht und erfüllt infolgedessen nicht die Voraussetzungen auch nur für halbwegs genaue wissenschaftliche Untersuchungen. Noch störender wirken meistens, trotz aller Abblendungsvorrichtungen, knapp vor den Probeobjekten angebrachte Lichtquellen. Die geeignete Unterbringung von Probe und Licht in einem dem

vorhin geschilderten ähnlichen Kasten[1] — was sich natürlich auch durchführen läßt — ist ziemlich umständlich und für rasches Hantieren unbequem. Relativ am einfachsten und doch im großen und ganzen ziemlich einwandfrei bleibt deshalb jene Anordnung mit Verwendung eines Schirmes, die hier etwas ausführlicher beschrieben sei.

Eine auf beiden Seiten mit schwarzem Tuchpapier überzogene Kartonplatte von der angegebenen Größe wird in einen natürlich auch geschwärzten Holzrahmen eingespannt. Dieser Schirm ist mit einer geeigneten Fußvorrichtung versehen, die es erlaubt, ihn auf einem großen Tische zu befestigen, aber auch rasch in jeder Richtung zu verschieben. In der Medianebene findet sich ein kreisförmiger Ausschnitt von 6 *cm* Durchmesser vor. Die Größe dieses Ausschnittes kann dadurch verkleinert werden, daß mittels einer Horizontalschiebervorrichtung ein ebenfalls mit Tuchpapier überzogener Kartonstreifen, der kleinere Ausschnitte von 5, 4, 3 und 2 *cm* Durchmesser führt, verschoben werden kann. Eine gut anliegende Fallklappe ermöglicht ein rasches Aufdecken und Verschließen der jeweilig eingestellten Öffnung. Die paarig angeordneten Lichtquellen befinden sich so knapp als möglich hinter dem Schirm, in der Höhe des Ausschnittes, und zwar rechts und links von demselben.

Die Probeobjekte werden in dem für die gewünschte Beleuchtungsstärke berechneten Abstande angebracht. Handelt es sich um eine größere Tafel, so wird dieselbe wohl am zweckmäßigsten an einer einfachen Rollenvorrichtung aufgehängt, um jedes Zeichen der Tafel durch vertikale oder horizontale Verschiebung in den Ausschnitt des Schirmes einstellen zu können. Soweit es angeht, sollen aber derartige Tafeln vermieden werden, da die große, weiße Fläche viel Licht reflektiert. Eventuell kann die ganze Tafel ihrerseits mit schwarzem Papier oder Tuch bedeckt werden und nur ein Ausschnitt, der mit dem Ausschnitt des Schirmes korrespondiert, läßt das jeweils gewünschte Zeichen hervortreten.

---

[1] Von derartigen und ähnlichen Zwecken dienenden Apparaten, die gewiß auch ihre Vorzüge haben, wären zu erwähnen der „Dörffel-Färbersche Beleuchtungskasten“, der „Rothsche Beleuchtungskasten“ (493), dessen Modifikation von Oppenheimer (423) u. a.

Stellt man sich die betreffenden Probeobjekte selbst her, dann ist es jedenfalls angezeigt, jedes Zeichen für sich auf einem kleinen Kartonblatt, etwa im Formate der Ammonschen Handproben[1] (9·5 × 9·5 *cm*), aufzutragen. Ich ließ vom Institutsmechaniker ein kleines Schieberstativ konstruieren, bei dessen Verwendung sich derartige Kärtchen sehr rasch wechseln lassen. Das Stativ war ferner so eingerichtet, daß es Drehungen nach allen drei Richtungen des Raumes erlaubte. Der jeweilige Drehungswinkel kann an einer in geeigneter Weise angebrachten Gradeinteilung abgelesen werden. Die durch diese Einrichtung ermöglichte Schrägstellung der Probeobjekte in jeder Richtung leistet bei gewissen Versuchen (Formensinn) gute Dienste.

Im Hinblick auf die Anfertigung der Sehproben sei bemerkt, daß ja meist schwarze Probeobjekte auf weißem Grunde in Frage kommen. Tusche, Druckerschwärze, Patroniermassen usw. eignen sich alle ziemlich gleich gut zur Herstellung der Zeichen, nur soll während einer Versuchsreihe an dem einmal gewählten Farbstoffe und der Papiersorte wegen des verschiedenen Remissionsvermögens festgehalten werden.

„Bei unveränderter Lage unseres Auges und des beleuchteten Außendinges einerseits, unveränderter Form, Lage und Art der Beleuchtungsquellen anderseits ist die Lichtmenge, welche ein Flächenelement von dem empfangenen Lichte uns zusendet, proportional zur Intensität der Beleuchtung.“[2] Die Lichtstärke einer Fläche, d. h. die in der Zeiteinheit von dieser Fläche in der Richtung nach unserer Pupille ausgestrahlte Lichtmenge, nimmt also mit der Stärke der Gesamtbeleuchtung zu und ab. Wohl zu unterscheiden hat man davon aber nach Hering den Begriff „Remissionsvermögen“. Unsere üblichen Papiersorten sind nicht absolut matt, d. h. das auffallende Licht wird nicht vollkommen zerstreut zurückgegeben. Stets bleibt ein Rest von regelmäßiger Reflexion übrig, bei den weißen, grauen und schwarzen Papieren in der Art, daß von allen homogenen leuchtenden Strahlen nahezu derselbe Bruchteil zurückgeworfen wird und das remittierte Strahlengemisch fast dieselbe Zusammensetzung hat, wie das auffallende, für die buntfarbigen aber in der Weise, daß

[1] v. Ammon (20).

[2] Hering (259), S. 62.

für verschiedene Strahlenarten ein verschiedenes Remissionsvermögen besteht. Das Remissionsvermögen einer Fläche, das sich nach dem Verhältnis des remittierten zum auffallenden Lichte bemißt, bleibt stets unabhängig von der Beleuchtung derselben.

Meist interessiert nicht das absolute Remissionsvermögen eines Papieres, sondern nur das Verhältnis der Remissionsvermögen von zwei in derselben Ebene liegenden und von derselben Lichtquelle beleuchteten Papiersorten oder verschiedenen Teilen ein und desselben Papieres, bei rechtwinkeliger Einstellung unserer Gesichtslinie zu besagter Ebene. Die Bestimmung dieses relativen Remissionsvermögens erfolgt am zweckmäßigsten mittels des Farbenkreisels („Kreiselwert" eines bestimmten Papieres, bezogen auf einen „Normalpapier"-Ring von 360°) oder mit dem Polariphotometer von Hering[1] und bleibt stets wünschenswert, um in dieser Hinsicht die Ergebnisse verschiedener Untersuchungen vergleichen zu können.

Statt mit Feder, Pinsel oder Patrone die Probeobjekte aufzutragen, empfiehlt es sich, hie und da Stanzen zu verwenden, besonders wenn es sich, wie bei Punktproben, darum handelt, möglichst gleichmäßige, scharf konturierte, kleine Zeichen in großer Zahl anzufertigen.

Die tadellose Herstellung sehr feiner Punkte bereitet nämlich einige technische Schwierigkeiten. In vielen Fällen wird es sich daher empfehlen, nur größere Punkte (bis etwa 2 *mm* Durchmesser herunter) mit dem „Nullenzirkel" herzustellen und zur künstlichen Verkleinerung mit Hilfe des Volkmannschen Makroskopes (vgl. S. 53) Zuflucht zu nehmen. Über die tatsächliche Herstellung feinster Punkte mittels chinesischer Tusche finden wir bei Groenouw[2] einige Winke. So lassen sich kreisrunde Punkte von einem Durchmesser von 0·50 bis 0·25 *mm* mit einer Schweinsborste auftragen. Etwas größere können mit Buchdruckerlettern angefertigt werden, die immer Punkte von verschiedener Ausdehnung enthalten, oder statt ihrer könne man sich auch eines sorgfältig rundgespitzten weichen Rotstiftes bedienen, dessen Spitze auf einem rauhen Papier so weit abgeschliffen worden ist, daß sie eine ebene runde Fläche von dem erforderlichen Durch-

---

[1] Hering (259), S. 64.

[2] Groenouw (214), S. 96.

messer bildet. Am besten bewähren sich aber nach meinen Erfahrungen Stanzen für diesen Zweck. Mit Hilfe der käuflichen, genau kalibrierten Spiralbohrer, die im Handel, in Größen von 0·3 *mm* Durchmesser aufwärts, ansteigend um 0·1 *mm*, erhältlich sind, kann diese jeder Mechaniker mit gewünschter Genauigkeit herstellen.

Ich verwendete massive Stäbchen aus Stahl, die an einem Ende die Bohrung tragen und im Bereiche derselben seitlich einen Ausschnitt besitzen, um die ausgestanzten Plättchen entfernen zu können. Das Ausstanzen des mit bester chinesischer Perltusche geschwärzten dünnen, rein weißen Papieres geschieht am besten über einer Bleiplatte mittels Hammerschlages und ergibt stets außerordentlich scharf konturierte Plättchen. Stanzen mit 0·5 *mm* innerer Lichtung erwiesen sich noch vollkommen verwendbar. Die aufgeklebten dünnen Plättchen sind schon in geringer Entfernung nicht mehr als solche zu erkennen; nur hüte man sich vor einem Vorquellen des Klebemittels.

In technischer Hinsicht ändert sich natürlich nicht viel, wenn man eine Umkehrung der Anordnung trifft. Es existieren ja bekanntlich neben den zahllosen Sehproben mit schwarzen Zeichen auf weißem Grunde auch solche, bei denen, wie z. B. bei Goulds[1] „Test cards with black background and white letters" das Umgekehrte der Fall ist. Auch Presas[2], der Kreuze für die zweckmäßigsten Optotypen hält, empfiehlt für die Sehschärfeprüfung in der Nähe weiße Kreuze auf schwarzem Grund, für die Ferne aber schwarze, rote oder grüne Zeichen auf leicht grauem Grunde.

---

[1] Gould (210).

[2] Presas (467).

Die Sehproben.

1. Buchstabenproben.

Meines Wissens war H. Küchler mit seiner 1843 veröffentlichten „Schriftnummerprobe für Gesichtsleidende“ der erste, der den Gedanken hatte, Schriftzeichen für die Sehschärfeuntersuchung als Probeobjekte nutzbar zu machen. 1854 folgten dann die Jägerschen „Schriftskalen“ nach, aber erst mit den 1862 erschienenen „Letterproeven to bepaling der gezigtscherpte“ von H. Snellen trat diese Methode ihren Siegeszug um die ganze Welt an.

Die Grundlage der Sehproben bildet bekanntlich die Annahme, daß ein emmetropisches Auge bei heller Zimmerbeleuchtung und dem gegebenen Schwarzweißkontraste zwei Punkte oder Linien unter einem Gesichtswinkel von einer Bogenminute noch unterscheiden müsse und daß die Erkennbarkeit eines Buchstabens proportional dem Sehwinkel in jeder Richtung sei. Die Snellenschen Schriftzeichen wurden daher in der Weise angefertigt, daß bei einer bestimmten gewählten Entfernung der ganze Buchstabe, beziehungsweise das ihn enthaltende Quadrat unter einem Gesichtswinkel von 5 Minuten, die sein Wesen ausmachenden Einzelheiten beziehungsweise Teilquadrate aber unter einem solchen von 1 Minute gesehen werden. Die Buchstaben sind also so gewählt, daß „deren Linien und Interlinien, soweit möglich, $^1/_5$ der Höhe betragen“[1].

Die ursprünglichen Snellenschen Optotypen sind große lateinische Buchstaben, und zwar die komplizierter gestalteten, sogenannten „Antique-Egyptienne-“ oder „Block-Lettern“ (Fig. 2). Der Autor gab diesen Typen vor den einfacheren „Grotesk-Lettern“

[1] Snellen und Landolt (551), S. 5.

(Fig. 3) den Vorzug mit der Begründung, daß gerade bei komplizierteren Figuren das Verwechseln mit ähnlichen Figuren einen Übergang vom deutlichen Erkennen zum Nichterkennen darstelle und somit einen Anhaltspunkt für den Grad und die Art der mangelhaften Sehschärfe abgebe.

Eine große Zahl von Autoren veröffentlichte in den folgenden Jahren Sehproben, die zum Teil das Snellensche Prinzip unverändert aufwiesen und infolgedessen auch alle seine Vorzüge und Mängel teilten, zum Teil aber auch eine „Weiterbildung und Verbesserung" desselben darstellen sollten.

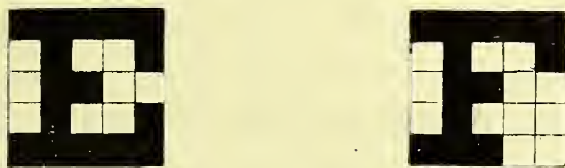


Fig. 2. Probebuchstaben. Antiqua-Lettern, Egyptienne-Typus.

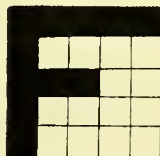


Fig. 3. Probebuchstabe. Antiqua-Letter, Grotesk-Typus (ohne Apizes).

Bei Sehschärfeversuchen sieht man sich häufig in die Lage versetzt, rasch Probeobjekte zu konstruieren, die dem Snellenschen Prinzip entsprechen. Ich möchte deshalb die Gelegenheit benützen, um hier die Berechnung der Teilquadratseitenlänge, und zwar am einfachsten nach der trigonometrischen Methode, wiederzugeben. In dem gleichschenkeligen Dreiecke KR_1R_3 (Fig. 1, S. 25) stellt R_1R_3 die gesuchte Teilquadratseitenlänge, G_1K den gegebenen Abstand, R_1KR_3 den gegebenen Gesichtswinkel α dar. Es folgt daraus $R_1G_1 = G_1K \,.\, \text{tg}\,\frac{\alpha}{2}$ und $R_1R_3 = 2\ G_1K \cdot \text{tg}\,\frac{\alpha}{2}$. Für $\alpha = 1'$ und $G_1K = 5\ m$ wird z. B. $R_1R_3 = 1{\cdot}454\ mm$, für $G_1K = 6\ m$ wird $R_1R_3 = 1{\cdot}745\ mm$ usw.

Ich möchte ferner noch bemerken, daß einige der im Handel verbreiteten Sehproben recht beträchtliche Ungenauigkeiten auf-

weisen, ja daß die einzelnen Auflagen einer und derselben Tafel voneinander abweichen. Manchmal dürften die Ungenauigkeiten allerdings erst auf nachträglich eingetretene Veränderungen — hervorgerufen durch das Aufziehen des Papieres auf Karton usw. — zurückzuführen sein.

Bei einer 6 *m*-Probe soll z. B. die Teilquadratseitenlänge 1·745 *mm*, die Buchstabenhöhe daher das Fünffache, das ist 8·73 *mm*, betragen. Eine Nachmessung einer größeren Zahl verschiedener Sehproben zeigte nur in den seltensten Fällen völlige Genauigkeit, dagegen häufig sehr beträchtliche Fehler. So beträgt z. B. die Zeichenhöhe des „Cohnschen Täfelchens" (8. Auflage) nahezu 10 *mm*, der „Cohnschen Tafel mit beweglicher Scheibe" (6. Auflage) 9 *mm*, aber auch verschiedene Auflagen der „Snellenschen Probebuchstaben" und „Optotypi" zeigen Schwankungen über 9 *mm* hinaus. Für die Praxis spielen derartige Ungenauigkeiten ja nur eine untergeordnete Rolle, allein für wissenschaftliche Untersuchungen könnten sie unangenehm werden, soferne man die Sollängen als gegeben annehmen würde.

Die den Schriftproben zugrunde liegenden theoretischen Voraussetzungen bestehen nur zum Teil zu Recht. Wie wir schon früher bemerkt haben, bestimmt man mittels der Buchstabenproben das minimum legibile und nicht das minimum separabile, wie man es nach der Snellenschen Erläuterung erwarten würde. Es soll damit keineswegs gesagt sein, daß das optische Auflösungsvermögen bei dem Erkennen von Buchstaben nicht in Betracht kommt, allein es kommt nicht ausschließlich, und bei verschieden geformten Buchstaben in ungleicher Weise zur Geltung. Am ehesten könnten noch Buchstaben mit parallelen Schenkeln, wie z. B. das hier wiedergegebene E, als Probeobjekte für das Auflösungsvermögen angewendet werden, soferne auf den Abstand und die Strichdicke der Schenkel Rücksicht genommen wird. Ein derartiger Buchstabe stellt tatsächlich nichts anderes dar als ein in bestimmten Abständen angeordnetes System von schwarzen und weißen Linien. Von anderen Zeichen gilt aber nicht dasselbe; bei vielen wurde das Augenmerk lediglich darauf gerichtet, daß die der Konstruktion zugrunde gelegten Teilquadrate unter dem Gesichtswinkel von einer Bogenminute ge-

sehen werden, während auf die Verteilung des weißen Hintergrundes gar nicht Rücksicht genommen wurde.

Ein prinzipieller Fehler liegt ferner darin: Ausgehend von der Beobachtung, daß die Grenze des optischen Auflösungsvermögens unter den gegebenen Bedingungen bei einem Gesichtswinkel von einer Minute liegt, verwendete man denselben Wert zur Konstruktion der Buchstabensehproben, bei denen es in erster Linie nicht auf das optische Auflösungsvermögen, sondern auf den viel feinere Unterscheidungen erlaubenden optischen Raumsinn ankommt[1].

Die Beurteilung dieser ganzen Angelegenheit erfährt aber noch dadurch eine ungeahnte Erschwerung, daß man hier bereits ein Grenzgebiet der Physiologie und Psychologie berührt. Der für das Erkennen eines Buchstabens, einer bereits relativ komplizierten Form, „in Frage kommende Vorgang liegt nur zum Teil und vielleicht zum kleinsten im Gebiete der physiologischen Optik, zu einem wesentlichen aber auf psychologischem . . . .“[2]. Es handelt sich also bereits um ein Hineinspielen von Erscheinungen des Formensinnes, wiewohl nach früheren Ausführungen Buchstabenskalen keinesfalls als Maßstab für den Formensinn ausgegeben werden dürfen.

Neben diesen Mängeln in theoretischer Hinsicht macht sich praktisch der Umstand sehr unliebsam bemerkbar, daß Zeichen von gleicher Größe keineswegs immer gleich leicht erkannt werden. Es wurden eben verschieden gestaltete Buchstabentypen in gleich große Quadrate eingezeichnet und dadurch erhielten einzelne Buchstaben eine unnatürliche und deshalb schwer zu erkennende Gestalt. Mit derartigen mehr zu erratenden als wirklich zu lesenden Buchstabenproben prüft man aber, wie Gebb und Löhlein[3] treffend bemerken, eher die Intelligenz als die Sehschärfe der Untersuchungsperson.

Diesen Übelständen suchten spätere Autoren in der Weise vorzubeugen, daß sie unter Preisgabe des ursprünglichen Snellenschen Prinzipes versuchten, die Buchstaben in einer mehr natürlichen Gestalt wiederzugeben. So sind z. B. auf der Heineschen

[1] Vgl. auch Heß (262), S. 241.

[2] Guillery (222), S. 274.

[3] Löhlein und Gebb (370), S. 77.

Zahlentafel[1] die Zeichen nicht mehr in das Quadrat, sondern in das eine ungezwungene Formgebung erlaubende Rechteck eingezeichnet.

Von anderer Seite wurde wieder, allerdings auch im Widerspruche zu dem von Snellen gewünschten Formenreichtum, der Vorschlag gemacht, die schwieriger erkennbaren Zeichen überhaupt wegzulassen und sich lediglich auf die leicht lesbaren zu beschränken. So wurden z. B. von Green[2] nur die Buchstaben C, D, E, F, G, H, I, J, L, O, P, Q, T, U (Grotesk-Typen) als für Sehproben geeignet empfohlen.

Weitere Überlegungen in dieser Richtung mußten folgerichtig zu jener in prinzipieller Hinsicht zweifellos einen Fortschritt darstellenden Methode führen, die lediglich ein einziges, in seiner Lage variiertes Zeichen (Hakenfiguren, Landoltscher Ring usw.) verwendet; denn die zahlreichen Abänderungen und Verbesserungen, die den erwähnten Übelständen nach Möglichkeit Rechnung zu tragen suchten, waren nicht imstande, die Gleichwertigkeit der einzelnen Buchstaben herbeizuführen. Parent[3], Hess[4] u. a. haben für verschiedene Sehproben die Abstände bestimmt, bei denen die verschiedenen Buchstaben einer Reihe unter sonst möglichst gleichen Bedingungen gelesen werden, und haben überraschend große, oft mehrere Meter betragende Unterschiede in der Lesedistanz feststellen können. Es kommt eben für die Erkennbarkeit eines Schriftzeichens dessen charakteristische Form, dann aber, wie besonders Pergens[5] gezeigt hat, auch sein Flächeninhalt in Betracht.

Guillery[6] hat in seiner angeführten Arbeit über den Formensinn der Nutzanwendung seiner ausführlichen allgemeinen Erörterungen über die Form auf die Buchstabenproben verhältnismäßig geringen Raum gewidmet. Daß er dieses Gebiet gewissermaßen nur streift, erscheint bei seiner Stellungnahme allerdings erklärlich, da er Buchstaben- bezw. Zahlenproben für Sehschärfe-

[1] Heine (248).
[2] Green (212), S. 68.
[3] Parent (432), S. 212.
[4] Hess (262), S. 241.
[5] Pergens (440), S. 311; vgl. auch Stettler (558).
[6] Guillery (232), S. 518.

prüfungen als unbrauchbar ansieht. Da aber die überwiegende Menge aller Ophthalmologen auf dem Standpunkte steht, dieser Zeichen nicht entraten zu können, und da dieser Anschauung auch bei der Typenwahl für die neuen „Internationalen Sehproben" Rechnung getragen wurde, so scheint es nicht überflüssig, die einzelnen Buchstaben- und Zifferntypen in formaler Beziehung einer genaueren Analyse zu unterziehen. Denn nur auf diesem Wege scheint es möglich, die für die Verschiedenwertigkeit der einzelnen Probebuchstaben maßgebenden Faktoren kennen zu lernen.

Ziehen wir diesbezüglich beispielsweise das meist verwendete große Antiquaalphabet (Groteskletter ohne Querstriche) in Betracht, so lassen sich dessen einzelne Buchstaben nach der Form in drei Hauptgruppen teilen, wenn man den vorstehend hier wiedergegebenen Grundsätzen der Guilleryschen Formenlehre folgt. Die erste Gruppe umfaßt Zeichen, die sich lediglich aus geraden, die zweite solche, die sich nur aus gebogenen Linien aufbauen, während wir in der dritten die Kombination aus beiden antreffen. Die erste, bedeutend umfangreichste Gruppe zerfällt wieder in zwei Untergruppen:

1. Die Knickungswinkel der Geraden betragen 90°;
2. die Knickungswinkel der Geraden sind spitze Winkel.

Die Einordnung der einzelnen Buchstaben in diese Gruppen ist der Tabelle auf S. 66 zu entnehmen[1].

Durch diese Gruppierung soll aber keineswegs ausgedrückt werden, daß die der einen Gruppe zugehörigen Zeichen gleicher Größe leichter erkannt werden als die einer andern. Es handelt sich hier lediglich um eine Einteilung mit Berücksichtigung der Grundformen und um deren Beziehungen für das Erkennen bei Größenänderungen.

Die Zeichen der ersten Hauptgruppe haben das eine miteinander gemeinsam, daß bei einer gleichsinnigen Änderung ihrer Größe das Verhältnis der einzelnen Linien zueinander und somit auch die Größe der einzelnen Winkel stets gleich bleibt. Bei Buchstaben der zweiten Gruppe, wie C, O oder S, bedingt aber

[1] Zusatz bei der Korrektur. Wie ich nachträglich aufmerksam gemacht wurde, hat E. Pergens auf dem X. Internationalen Ophthalmologenkongreß in Luzern (1904) bereits eine ähnliche Zusammenstellung gebracht.

Tabelle 1.

Gerade Linien		Gebogene Linien	Gerade und gebogene Linien
Knickungswinkel: 90°	Knickungswinkel: spitz		
E	A	C	B
F	K	J	D
H	M	O	G
I	N	Q	P
L	V	S	R
T	W		U
X	Y		
	Z		

eine Größenänderung auch eine Änderung der Krümmungsradien, ein Umstand, der für das Erkennen nicht gleichgültig bleibt (vgl. S. 43). Am verwickeltsten liegen jedoch die Verhältnisse für die Buchstaben der dritten Gruppe, deren Konturen sich aus aneinanderstoßenden geraden und gebogenen Linien zusammensetzen. „Es sind also, wenn wir eine Reihe solcher Probebuchstaben betrachten, an einzelnen Stellen sich schneidende gerade Linien, welche ihr gegenseitiges Verhältnis bei Änderung ihrer Dimensionen beibehalten, an anderen Stellen sehen wir dagegen in diesem Falle Veränderungen der Konturen eintreten, deren Erkennbarkeit eine durchaus verschiedene wird, je nach der Größe der Krümmungsradien[1]."

Dasselbe gilt natürlich auch für die arabischen Ziffern. Ihre Bewertung im allgemeinen fällt aber insofern schwerer, als die Art und Weise ihrer Wiedergabe viel größere Mannigfaltigkeit aufweist, als es bei den lateinischen Buchstaben der Fall ist. Ein und dasselbe Zahlzeichen kann bald mit gebogenen, bald mit geraden Linien dargestellt werden. So sagt v. Ammon[2] in

[1] Guillery (232), S. 519.
[2] v. Ammon (20), S. 7.

den Erläuterungen zu seinen Sehproben: „Was die Zahlen anlangt, so habe ich von der Möglichkeit, manche durch wenige gerade Striche darstellen zu können, absichtlich keinen Gebrauch gemacht, weil sie sonst von Astigmatikern zu leicht gelesen werden können. Aus dem gleichen Grunde sah ich auch von der Verwendung der Zahl 1 ab.“ Vom Standpunkte des Praktikers mag diese Anschauung vielleicht gerechtfertigt sein, für theoretisch-physiologische Untersuchungen kommen aber Refraktionsanomalien überhaupt nicht in Betracht. Sieht man aber davon ab, so wird man ob der früher angeführten Gründe unstreitig jenen Zeichen den Vorzug einräumen, die jedweder Krümmungen entbehren und nur von Geraden gebildet werden. Erfreulicherweise wurde bei der Anfertigung der neuen „Internationalen Sehproben“ diesen Anschauungen bereits ausgiebig Rechnung getragen. Von den gewählten vier Zahlzeichen (Fig. 4), die in den verschiedenen



Fig. 4. Ziffernzeichen der „Internationalen Sehproben“ (C. Hess).

Kombinationen als zweistellige Zahlen in diesen Tafeln vorkommen, entsprechen drei diesen Grundsätzen, während wir als viertes eine Null von kreisrunder Gestalt antreffen. Auf die Verwendung von Zahlzeichen, deren Umrisse sich aus einer Vereinigung von geraden und gebogenen Linien aufbauen, wurde daher vollständig verzichtet.

Diese Momente spielen, wie schon erwähnt, hauptsächlich eine Rolle, wenn es sich darum handelt, die Erkennbarkeit eines Zeichens in verschiedenen Größenverhältnissen oder, was praktisch so ziemlich auf dasselbe hinausläuft, eines und desselben Zeichens in verschiedenen Entfernungen zu beurteilen.

Die beträchtlichen Unterschiede in der Erkennbarkeit verschiedener Zeichen einer bestimmten Reihe unter sonst gleichen Umständen finden aber dadurch noch keine genügende Erklärung. Dafür kommt in erster Linie, wie besonders Pergens[1] zeigte, der Flächeninhalt der einzelnen Schriftzeichen in Betracht. Eine der-

[1] Pergens (440), S. 311 ff.

artige Abhängigkeit besteht sicher; die Beziehungen zwischen dem Flächeninhalte des Netzhautbildes und der Leichtigkeit des Erkennens sind aber noch durchaus nicht zufriedenstellend bekannt; keineswegs herrscht direkte Proportionalität.

Nach Guillery[1] sollen ferner auch die Symmetrieverhältnisse einer Figur nicht ohne Einfluß bleiben. Ein Zeichen, das so orientiert ist, daß der vertikale Durchmesser es in zwei regelmäßige Hälften schneidet, werde stets leichter erkannt als ein solches mit Schrägstellung der Symmetrieebene. Eine Rolle spiele ferner der mehr oder minder häufige Wechsel der Konturen.

Die Tatsache, daß gewisse Zeichen der Snellenschen Proben leichter gelesen werden als andere, ist allgemein bekannt. Um so befremdender wirkt es daher, daß durchaus keine allgemeine Übereinstimmung dafür zu herrschen scheint, welche Zeichen als schwer, welche als leicht lesbar anzusehen seien. Hier nur beispielsweise einige Gegenüberstellungen, auf die ich bei Verfolgung der Literatur aufmerksam wurde.

Tabelle 2.

Green[2]	leicht erkennbar	C, D, E, F, G, H, I, J, L, O, P, Q, T, U
	schwer erkennbar	A, B, K, M, N, R, S, V, W, X, Y, Z
Guillery[3]	leicht erkennbar	K, L, N, O, V, Z
	schwer erkennbar	A, E, F, H, T, U, X, Y, Z
Gebb und Löhlein[4]	leicht erkennbar	A, L, V
	schwer erkennbar	B, H, M, N

[1] Guillery (236), S. 222.
[2] Green (212), S. 68.
[3] Guillery (239), S. 230—231.
[4] Löhlein und Gebb (370), S. 78.

Im großen ganzen bleiben wohl die massigeren Zeichen mit zahlreichen Strichen schwerer erkennbar als die einfachen, bei denen selbst beim unscharfen Sehen die Zerstreuungskreise nie so stören wie bei ersteren. Man darf eben nicht vergessen, daß einer ungleichen Verteilung von Hell und Dunkel insofern die größte Bedeutung zukommt, als danach manche Buchstaben bereits erschlossen werden, noch lange ehe sie scharf gesehen werden. Es ist ein nicht wegzuleugnender Fehler der Buchstabenproben, daß die Angaben auf die Wahrnehmung verschwommener Umrisse hin gemacht werden, während auf das Erkennen der Einzelheiten verzichtet wird.

Manche Autoren haben in der weiteren Verfolgung des Snellenschen Prinzipes das Augenmerk auf eine entsprechende Verteilung und Ausdehnung der zwischen den einzelnen schwarzen Strichen freibleibenden hellen Zonen gerichtet, „und zwar in der Weise, daß innerhalb eines Probeobjektes zwischen den einzelnen Strichen der Unterscheidungswinkel von 1 Minute in den verschiedensten Richtungen möglichst oft wiederkehre“[1]. Abgesehen davon, daß sich diese Grundsätze nur für einige Buchstaben (vgl. Tabelle 1, S. 66) vollständig durchführen lassen, wäre dagegen nichts einzuwenden, sofern nur die Überzeugung vorhanden ist, daß die Angelegenheit mit der Berücksichtigung der Unterscheidungswinkel noch keineswegs erledigt ist.

Zahlreiche merkwürdige Beobachtungen aus dem Gebiete des Formensinnes sind durch Kontrastwirkungen zu erklären. Hierher gehören z. B. die sonderbaren Beziehungen für die Erkennbarkeit heller Ausnehmungen aus dunklen Quadraten. Je nach ihrer Lage waren die erzielten Ergebnisse trotz stets gleicher Gesichtswinkel sehr verschieden[2].

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse aber auch für einzelne Buchstabentypen. Nähert man sich einem derartigen Sehobjekte aus einer Entfernung, die jenseits der Grenze für die Entstehung des scharfen Bildes liegt, so erscheint es zuerst als grauer Fleck, der noch kein Urteil über Form, Größe oder sonstige Qualitäten abzugeben erlaubt. Dieses erste Bild eines grauen Punktes oder Fleckes ist allen diesen Objekten eigentümlich und stellt

---

[1] v. Ammon (20), S. 5.

[2] Guillery (236), S. 216.

den Beginn ihrer räumlichen Unterscheidung von ihrem Hintergrunde dar.

Bei weiterer Annährung treten aber sofort die Folgen einer etwaigen ungleichmäßigen Verteilung von Hell und Dunkel in Erscheinung. Ehe noch die einzelnen Linien mit Sicherheit unterschieden werden können, macht sich bereits die verschiedene Helligkeit der betreffenden Bildteile bemerkbar. Besonders bei der Verwendung eines einzelnen, in seiner Lage variierten Probeobjektes, z. B. eines Snellenschen Hakens oder Landoltschen Ringes, wird deshalb häufig eine richtige Angabe erfolgen, noch ehe ein scharfes Bild zustande kommt.

Interessant ist es, wie bereits an und für sich kleine Änderungen der Konturen eines Zeichens aus diesen Gründen



Fig. 5. Verschiedene E-ähnliche Probeobjekte.
a Pflügerscher Haken; *b* Snellenscher Haken; *c* v. Ammonscher Haken; *d* Probebuchstabe, Antiqua-Egyptienne-Typus; *e* Probebuchstabe, Halbegyptienne-Typus.

dessen Erkennbarkeit beeinflussen. Ich stellte mit den in Fig. 5 abgebildeten verschiedenen Typen vergleichende Versuche an. Die Versuche wurden im Dunkelzimmer unter derartigen Bedingungen vorgenommen, daß die Grenze für das Erkennungsvermögen dieser Zeichen nahezu erreicht war, die Versuchsperson sie aber immerhin noch lesen, d. h. die Öffnungsrichtung des Hakens angeben zu können vermeinte. Die auf S. 71 beispielsweise wiedergegebene Tabelle stellt die Ergebnisse einer derartigen Versuchsserie für je 20 Ablesungen dar, wie ich solche mehrfach durchgeführt habe. Die Zeichen wurden stets nur in den 4 Hauptrichtungen (offen nach oben, rechts, unten, links) eingestellt; gleichzeitig wurde darauf gesehen, daß jede Richtung in jeder Serie gleich oft vorkam.

Aus den Versuchen geht, was immerhin schon zu erwarten war, unzweifelhaft hervor, daß diese einander ähnlichen Zeichen

Tabelle 3.

Vers.-Prot. Nr. 34/V; Vers.-Pers.: G. N., cand. jur., 21 Jahre; rechtes Auge; 20 Minuten Dunkeladaptation; Distanz: 6 *m*; Beleuchtung: 2 MK.

Zeichentypus	Von je 20 Ablesungen sind		In Prozenten	
	richtig	falsch	richtig	falsch
E	19	1	95	5
E	16	4	80	20
E	14	6	70	30
E	16	4	80	20
E	18	2	90	10

nicht gleichwertig sind. Die schwerere Erkennbarkeit einer Type mußte unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen naturgemäß ein Ansteigen der Fehlangaben nach sich ziehen.

Der Typus E mit verkürztem Mittelbalken (Cohnscher oder Pflügerscher Haken), wie ihn Cohn[1] bei seinen „Drehscheiben“ verwendete, wird bei weitem am leichtesten erkannt. Es bleibt dies insoferne bemerkenswert, als bekanntlich Cohn im Vergleiche zu den älteren Snellenschen Angaben vielfach übernormale Sehschärfen feststellte. Wir wissen nun heute allerdings, dank der Forschungen von Javal, Marri u. a., daß die durchschnittliche Sehschärfe (minimum legibile) normaler Augen etwas größer ist als es der Snellenschen Annahme des Minimalgesichtswinkels von 1′ entspräche. Aber abgesehen von dieser Tatsache und abgesehen von dem Umstande, daß bei Cohns Freilichtuntersuchungen wohl meist günstigere Beleuchtungsverhältnisse vorgelegen haben, als es bei Bestimmungen im geschlossenen Raume der Fall ist, darf doch sicherlich auch dem Testtypus ein gewisser Einfluß auf seine Ergebnisse zugeschrieben werden; denn es ist auffällig, um

[1] Cohn (126, 133 u. a.).

wieviel sich die Leistung bereits für den sonst so ähnlichen Typus E (Snellenscher Haken) mit drei gleich langen Zinken verschlechtert. Der Unterschied zwischen diesen beiden Formen ist der, daß beim Snellenschen Haken sowohl Balken als Zwischenräume unter einem Gesichtwinkel von 1′ gesehen werden, während beim Cohnschen Haken infolge der verkürzten Mittelzinke das Diastem auf der offenen Seite unter einem Gesichtswinkel von 3′ erscheint. Gerade diese Versuche zeigen aber auch, daß der Gesichtswinkel an sich nicht ausschließlich und nicht in dem Maße für das minimum legibile ausschlaggebend sein kann, wie man es nach der Snellenschen Definition erwarten würde, denn sonst müßten die Differenzen für die Erkennbarkeit der beiden Typen größer sein. Es handelt sich vielmehr wohl auch hier in erster Linie um Kontrastwirkungen infolge der ungleichen Verteilung zwischen Hell und Dunkel und anderseits um Irradiationserscheinungen und meist daher um Wahrnehmungen, noch ehe das Bild ganz scharf gesehen wird. Eine Bestätigung dafür scheint sich aus dem weiteren Vergleiche mit den Ammonschen Hakenfiguren (E) zu ergeben. v. Ammon[1] konstruierte, von ähnlichen Überlegungen ausgehend, seine Haken in der Weise, daß er die einzelnen Striche gleich lang machte und von dem Verbindungsbalken an der geschlossenen Seite zugleich etwas wegnahm. „Dadurch wird der Unterschied zwischen Schwarz und Weiß auf der geschlossenen beziehungsweise offenen Seite vermindert und der Haken hinsichtlich seiner Richtung nur an den zwischen den einzelnen Strichen freibleibenden Stellen, deren Ausdehnung immer einem Winkel von 1 Minute entspricht, erkannt. Die an den Ecken der geschlossenen Seite der Haken geschaffenen Abschrägungen bilden keine Unterstützung für leichteres Erkennen der Hakenrichtung[2], da sie nach meinen vielfachen Untersuchungen viel schwerer als die offene Hakenseite erkannt werden können.“ Die durch diese Abschrägungen bedingten geringen Unterschiede gegenüber den Snellenschen Haken beeinflussen aber bereits sichtlich die Erkennbarkeit, wie aus der Tabelle 3 zu entnehmen ist. Der hier angewendete Kunstgriff verringert den Unterschied in der Schwarzweißverteilung zwischen den beiden Bildhälften.

---

[1] v. Ammon (20), S. 8.

[2] Im Originale steht Hakeneinrichtung.

Für das Erkennen der Öffnungsrichtung erscheint deshalb hier ein wesentlich schärferes Bild nötig, als bei den beiden anderen Figuren, eine Tatsache, die jedenfalls einen Vorzug des Ammonschen Probeobjektes darstellt.

Der Snellensche E-Typus entspricht nach dieser Zusammenstellung fast völlig dem Snellenschen Haken E. Die Wegnahme einiger „Apices“ vereinfacht aber ersteres Zeichen bereits weitgehend und erhöht seine Erkennbarkeit (E).

Alle Betrachtungen dieser Art müssen zu dem Ergebnis führen, zu dem auch alle neueren Untersucher gelangt sind, daß die Snellensche Methode alles eher denn theoretisch einwandfrei bezeichnet werden darf. Wir kennen heute eine ganze Reihe von Fehlerquellen, die Snellen noch nicht in Berücksichtigung gezogen hat; es liegen aber gewichtige Gründe für die Annahme vor, daß wir von manchen mitspielenden Faktoren überhaupt noch keine oder nur mangelhafte Kenntnis haben. Durch geringfügige Änderungen und Verbesserungen der Probeobjekte wird sich daher kaum viel erreichen lassen, ja es muß die Frage aufgeworfen werden, ob sich bei dieser Methode die Fehlerquellen überhaupt ganz ausschalten lassen.

Die Buchstabenproben ob jener Mängel grundsätzlich zu verwerfen, wie es z. B. Guillery[1] tut, geht aber zweifellos zu weit — jedenfalls so lange, als man keinen vollgültigen Ersatz dafür hat, und das sind die Guilleryschen Punktproben keineswegs. Man kann daher nur Löhlein und Gebb[2] beistimmen, die sich dahin äußern, daß das praktische Bedürfnis in erster Linie einen einheitlichen Maßstab für das Erkennungsvermögen der uns umgebenden Formen erfordert. „Ein solcher Maßstab existiert in Form der Buchstaben- und Zahlentafeln; er hat sich stellenweise als fehlerhaft erwiesen, aber die überwiegende Mehrzahl steht offenbar auf dem berechtigten Standpunkt, daß es besser ist, die Fehler nach Möglichkeit zu beseitigen als den Maßstab als solchen preiszugeben, ehe man einen genügenden Ersatz kennt.“

Solche Überlegungen mußten dahin führen, daß man bis auf weiteres bei der Konstruktion der Sehproben den Weg rein

[1] Guillery (227), S. 52.

[2] Löhlein und Gebb (370), S. 76.

empirischer Feststellungen einschlug, um unter sich vergleichbare Testobjekte zu erhalten.

Auf diesem Wege wurden auch die neuen „Internationalen Sehproben“ (C. Hess) hergestellt, indem lediglich durch die Untersuchung einer großen Zahl emmetropischer Augen ermittelt wurde, welche Größe man den gewählten Zahlzeichen geben müsse, damit sie in der gleichen Entfernung wie die zugehörigen Landoltschen Ringe richtig erkannt werden. Diese letzteren bilden daher die Basis der „Internationalen Sehproben“. Der Landoltsche Ring ist seiner ganzen Beschaffenheit nach zweifellos dem Typus der Buchstabenzeichen im weiteren Sinne zuzuzählen. Die von Landolt für die Sehschärfeprüfung aufgestellte Forderung, die Unterbrechung einer Kontinuität unter möglichst kleinem Gesichtswinkel wahrzunehmen, entspricht nicht dem Worte, wohl aber dem Sinne nach dem alten Prinzipe, daß die Sehschärfe vom Distinktionswinkel abhängig sei. Im Vergleiche zu den üblichen Buchstabentypen bedeuten die „gebrochenen Ringe“ ohne Zweifel einen bedeutenden Fortschritt in theoretischer wie praktischer Beziehung. Ein Vorzug dieses Probeobjektes ist es jedenfalls, daß eine einzige Figur Verwendung findet und daß seine Erkennbarkeit bei den verschiedenen Stellungen, die die Kontrolle der Sehprüfung erheischt, dieselbe bleibt.

Die Grundlage für die Konstruktion der „Internationalen Sehproben“ bildete ein Ring von 7·5 *mm* Durchmesser und 1·5 *mm* Strichdicke, dessen Unterbrechungsstelle von einem normalen Auge in 5 *m* Entfernung eben erkannt wird ($V = 1$). Beim Vergleiche mit Zahlzeichen ergab sich nun die Tatsache, daß ein solches von 6 *mm* Seitenlänge und 1·2 *mm* Strichdicke dem erwähnten Ringe am besten entsprach. Konstruierte man das Zeichen nach dem Snellenschen Prinzipe in gleicher Größe wie den Ring, so wurde ersteres in merklich größerem, zeichnete man es nach den Angaben Javals mit nur 5 *mm* Seitenlänge und 1 *mm* Strichdicke, so wurde es in kleinerem Abstande als der bewußte Ring erkannt. Nur die oben angegebenen Werte lieferten befriedigende Ergebnisse und danach wurde auch die Größe der übrigen Zahlen und Ringe bemessen. „Es ergab sich nun bei Untersuchung einer Reihe von Augen, daß je eine Zahl und ein zugehöriger Ring in ziemlich genau gleicher Entfernung richtig erkannt wurden. Er-

mittelt man also die Sehschärfe mit solchen Zahlen, so erhält man im allgemeinen ziemlich genau gleiche Werte, wie bei Bestimmung mittels der entsprechenden Ringe[1]."

Eine bisher viel erörterte Frage, die nach der zu wählenden Größenfolge der Zeichen, wurde von der internationalen Kommission dahin entschieden und bei den Sehproben zur Durchführung gebracht, daß das Prinzip der arithmetischen Progression anzuwenden sei. Neben Monoyer und anderen war besonders Landolt schon früher warm für dieses Prinzip eingetreten, indem er ausführte, daß der sogenannte Fehler der arithmetischen Progression, die relative Ungleichheit der Intervalle[2] zwischen den einzelnen Reihen, eher ein Vorteil sei. Es erscheine eben wünschenswert, daß bei den meist benötigten Werten, d. i. bei jenen, die nicht viel von den normalen abweichen, kleinere Intervalle und somit auch eine reichere Abstufung für die Sehschärfenbewertung zur Verfügung stehe als bei den seltener vorkommenden bei starker Herabsetzung der Sehschärfe.

Bei den „Internationalen Sehproben" wurde ferner für die Bezeichnung der Sehschärfe nicht mehr der alte Snellensche Bruch $V = \frac{d}{D}$ beibehalten, sondern der vielfach gewünschte Dezimalbruch angenommen. Der Verwendung desselben steht nichts entgegen, da die Snellenschen Bedenken durch die allgemeine Annahme einer mittleren Leseentfernung von mindestens 5 *m* beseitigt sind. „Einfache Bezeichnung der Sehschärfe mittels Dezimalen läßt also erkennen, daß die Bestimmung in 5 *m* vorgenommen worden ist, auch wenn man z. B. 0·2 statt $^5/_{25}$ schreibt"[3].

Die erwähnten Sehproben wurden vom XI. internationalen Ophthalmologenkongreß zu Neapel im Jahre 1909, der sich den Vorschlägen der „internationalen Kommission für einheitliche Bestimmung und Bezeichnung der Sehschärfe" (Berichterstatter Geh. Rat Prof. C. Hess) anschloß, allgemein als neue „Internationale Sehproben" angenommen. Diese Tafeln, deren Konstruktion ein sorgfältiges und mühevolles Studium aller Einzelfragen

---

[1] Hess (262), S. 250.

[2] Hess (265), S. 217. „Wenn die Sehschärfe von 0·1 auf 0·2 steigt, so ist das eine wesentlich größere Zunahme, als wenn sie von 0·9 auf 1·0 steigt."

[3] Hess (262), S. 253.

vorausging, stellen zweifellos das Beste dar, das in dieser Richtung bisher geleistet wurde und das bei Beibehaltung des Systems überhaupt erreichbar scheint. Es darf daher wohl der Hoffnung Ausdruck gegeben werden, daß bis auf weiteres ausschließlich nur diese Sehproben Verwendung finden. Nur auf diesem Wege kann dem wohl allgemein vorhandenen Bedürfnisse nach Vereinheitlichung und Erhöhung der Zuverläßlichkeit der Sehschärfebestimmungen Rechnung getragen werden.

Mögen sich in der Zukunft vielleicht noch Mängel herausstellen, so kann doch vor der Herausgabe neuer Sehproben von seiten eines einzelnen nicht genug gewarnt werden. Die mühselig erzielte Einheitlichkeit wäre damit wieder in Frage gestellt. Die Aufgabe des einzelnen Arbeiters auf diesem Gebiete kann es lediglich sein, durch systematische Untersuchungen Beweismaterial nach verschiedener Richtung zu sammeln; dessen Berücksichtigung und Verwertung für die Herausgabe neuer Sehproben muß aber unbedingt den Beschlüssen einer internationalen Kommission überlassen bleiben.

2. Punktproben.

Den weitestgehenden Versuch zur Vereinfachung der Sehproben machte Guillery[1], der den Punkt als Testobjekt einführte. Er setzte sich damit mit den landläufigen, von Snellen aufgestellten Grundsätzen in Widerspruch, wonach Punktproben zur Sehschärfebestimmung ungeeignet wären, denn dieser führt aus: „Die Wahrnehmung eines einzigen Punktes ist ganz abhängig von der Lichtstärke, denn bei genügender Beleuchtung wird auch das allerkleinste Objekt noch erkannt. Mit einem einzelnen Punkte prüft man also nur den Lichtsinn des betreffenden Retinalteiles, aber durchaus nicht die Sehschärfe, den Formensinn des Auges[2].“ Derselbe Vorwurf wurde von einer ganzen Reihe von Kritikern der Guilleryschen Proben erhoben. Einwände in dieser Form, wonach die Punktproben geradezu als ein Mittel zur Prüfung des Lichtsinnes erscheinen, gehen entschieden zu weit und sind einseitig. Guillery[3] verteidigt sich

---

[1] Guillery (218), S. 323.

[2] Snellen und Landolt (551), S. 4.

[3] Guillery (237), S, 152.

dagegen auch mit Geschick, indem er ausführt, gegen die Behauptung, die Erkennbarkeit eines einzelnen Punktes hänge vom Lichtsinn ab, wäre natürlich nichts einzuwenden. Vom Lichtsinne hänge jede Gesichtswahrnehmung ab, die eines Punktes so gut wie eines Buchstabens. Es könne aber ebensowenig geleugnet werden, daß die Wahrnehmung eines einzelnen Punktes auch von seiner Ausdehnung beeinflußt werde und daß es sich hierbei jedenfalls auch um eine Funktion des Raumsinnes handle. „Wenn also jener Einwand überhaupt einen Sinn haben soll, so kann es offenbar nur der sein, daß bei der Wahrnehmung eines einzelnen Punktes der Lichtsinn in besonderem Maße beteiligt ist, z. B. mehr als bei der Wahrnehmung zweier Punkte, gegen welche ja kein Bedenken bezüglich der Sehschärfeprüfung erhoben wird.“ Vergleiche man den bei der Wahrnehmung eines einzelnen Punktes sich abspielenden Vorgang mit demjenigen, der der Wahrnehmung zweier zugrunde liege, so sei es schwer verständlich, welcher prinzipielle Unterschied hier bestehen solle und warum dasjenige, was von einem Punkte gelte, nicht auch für zwei oder mehrere gelten solle. Guillery glaubt auch zeigen zu können, daß durch eine Herabsetzung der Helligkeitsdifferenz zwischen Objekt und Hintergrund — Versuchsbedingungen, die nach seiner Ansicht einer Störung des normalen Lichtsinnes gleichkommen dürften — die Wahrnehmung eines einzelnen Punktes nicht wesentlich anders beeinflußt wird als diejenige zweier, welche getrennt erkannt werden sollen.

Neuere Beurteiler[1] der Frage halten den Einwand in der Snellenschen Fassung auch keineswegs aufrecht, dagegen stimmen sie darin alle überein, daß sich der Sehakt unter den gegebenen Umständen auf dem Grenzgebiete von Licht- und Raumsinn, die zunächst noch in schwer zu übersehender Weise ineinander greifen, abspielt und daß infolgedessen weder über den Lichtsinn noch über den Raumsinn auf diese Weise eindeutige Aufschlüsse erhalten werden können. Löhlein und Gebb[2] erhärten dies durch folgende einfache Überlegungen: „Weiß ich, daß es sich darum handelt, einen schwarzen Punkt auf weißer Fläche zu erkennen, so werde ich angeben, ihn zu sehen, sobald mir der Helligkeits-

[1] Schenck (510), S. 387; Hess (265), S. 213.

[2] Löhlein und Gebb (370), S. 73.

unterschied zwischen dem Punkte und seiner Umgebung zum Bewußtsein kommt, auch wenn ich vorläufig den Punkt nur als dunkleren, nicht näher zu definierenden Fleck sehe. Die Lage dieser Grenze ist von der Belichtungsstärke in hohem Grade abhängig und wird bestimmt durch den Lichtsinn; erst in erheblich geringerer Entfernung würde ich aber mit Sicherheit angeben können, ob der dunkle Fleck einem Punkte oder einem, vielleicht sogar mehreren anderen schwarzen Objekten entspricht; die Größe dieser Entfernung ist aber bezeichnend für den Grad meiner Sehschärfe und in weiten Grenzen von der Beleuchtung unabhängig. Diese letztere Anforderung stellt nun aber Guillerys Probe überhaupt nicht an den zu Untersuchenden, da das Sehobjekt ja stets ein Punkt ist."

Eine Stelle der Guilleryschen Beweisführung, der meines Wissens noch nicht widersprochen wurde, möchte ich ferner noch herausgreifen. Wenn er nämlich behauptet, daß gegen Doppelpunkte kein Bedenken bezüglich der Sehprüfung erhoben wird, so ist das nicht ganz richtig. Die Angriffe gingen hauptsächlich von jener Seite aus, die für die Buchstabenproben eintraten. Wir wissen aber heute, daß Buchstabenproben — wiewohl ihrer Konstruktion eine Definition der Sehschärfe zugrunde gelegt wurde, bei der der Abstand eines Doppelpunktes eine Rolle spielt (vgl. S. 60) — Doppelpunktproben nicht ohneweiters gleichgestellt werden dürfen. Gewisse Einwände, die gegen die Punktproben vorgebracht wurden, beziehen sich aber ebensosehr auch auf Doppelpunktproben.

Ein Übelstand, der die Punktproben vom Standpunkte des Praktikers von vornherein ungeeignet erscheinen läßt, liegt in der Schwierigkeit der Kontrolle über die Angaben des Untersuchten. Das Probeobjekt ist stets ein Punkt; ob er in einem gegebenen Falle überhaupt gesehen wird, ob und wann scharf, wann verschwommen, das entzieht sich vielfach der Beurteilung des Prüfers, der ganz auf die ihm gemachten Angaben angewiesen bleibt.

Um die Angaben wenigstens in gewisser Hinsicht überwachen zu können, zeichnete Guillery die Punkte in schwarzumränderte Quadrate an bestimmte Stellen ein, „abwechselnd gerade in die Mitte oder an eine der vier Ecken". „Wenn nun in einer solchen

Reihe von Vierecken jedesmal die richtige Stelle des Punktes bezw. sein Fehlen angegeben wird, so ist wohl jeder Irrtum ausgeschlossen[1]." Damit hört aber das Probeobjekt auf, eine Punktprobe im strengen Sinne zu sein; Guillerys Sehzeichen wird, wie Landolt[2] ausführt, dadurch zu einem weißen Viereck in schwarzem Rahmen, das einen schwarzen Fleck enthält. Abgesehen von der beträchtlichen Ausdehnung dieses Zeichens, das der von Guillery selbst geforderten möglichsten Kleinheit der Probeobjekte für die Bestimmung der zentralen Sehschärfe widerspricht, wird dadurch noch eine weitere Fehlerquelle eingeführt. Die Nähe der Begrenzung des Viereckes zum Punkte bleibt, wie Koster[3] betont, nicht ohne Einfluß: der frei in der Mitte stehende Punkt wird leichter erkannt als die in den Ecken eingezeichneten. Daß Guillery dieses Moment nicht berücksichtigt, bleibt insofern bemerkenswert, als seine eigenen interessanten Untersuchungen über den Formensinn den Gedanken an eine gegenseitige Beeinflussung von Punkt und Umrahmung nahelegen.

Bei der Konstruktion seiner Sehproben ging Guillery von einem Punkte aus, der in einer Entfernung von 5 *m* unter einem Gesichtswinkel von 50″ erscheinen sollte. Der betreffende Punkt hatte einen Durchmesser von 1·212 *mm*.[4] Dieser Wert diente als Grundlage für die übrigen Berechnungen. Die Punkte der aufeinanderfolgenden Reihen sind so gewählt, daß nicht ihr Durchmesser (d. h. also der Sehwinkel), sondern ihr Flächeninhalt im Verhältnis von 1 : 2 : 3 usw. wächst.

Im Vergleich mit den Guilleryschen Punktproben treten alle anderen Sehproben, bei denen Punkte Verwendung fanden, sowohl in Hinblick auf praktische Anwendung als auch als Gegenstand theoretischer Erörterungen sehr in den Hintergrund.

Proben mit Doppelpunkten sind meines Wissens für praktische Zwecke nie veröffentlicht worden. Dagegen begegnen wir einer Vielzahl von Punkten in Burchardts „Internationalen Sehproben"[5]. Diese mitunter auch als „Tüpfelproben" bezeichneten

---

[1] Guillery (219), S. 9.

[2] Landolt (348), S. 602.

[3] Koster (316), S. 133.

[4] Guillery (219), S. 11.

[5] Burchardt (89).

Sehobjekte bestehen aus in Quadraten eingezeichneten Punktgruppen. Es handelt sich hier bei der Prüfung um die Zählung der Punkte, die in den einzelnen Reihen nach Größe und gegenseitigem Abstand variieren. Gegen diese Proben läßt sich aber der Einwand erheben, beim Zählen einer größeren Anzahl von Punkten handle es sich nicht mehr um einen einfachen Sehakt, sondern um ein sprungweises Vorgehen, indem die einzelnen Teile des Probeobjektes nicht gleichzeitig, sondern nacheinander fixiert werden. Diesem Umstande ist es auch zu danken, daß psychischen Momenten, wie Energie und Intellekt, noch größerer Einfluß auf das Ergebnis zukommt, als es bei den sonstigen Proben der Fall ist.

Wolffberg[1] betrachtet den „Flächenpunkt“ (kleine Kreisfläche, Schwarz auf Weiß) als das einzige Objekt, für dessen Sichtbarkeit in exakter Weise ein kleinster Gesichtswinkel maßgebend ist. Er konstruierte deshalb unter anderem auch Buchstabenzeichen, die durch Aneinanderreihung derartiger Flächenpunkte hergestellt sind.

---

[1] Wolffberg (628), S. 429.

Vergleichende Untersuchungen über Punkt-, Doppelpunkt- und Ziffernproben.

Die praktische Seite jener Frage, die durch nahezu ein halbes Jahrhundert die beteiligten Kreise auf das angelegentlichste beschäftigt hat, der Frage nach den geeignetsten Sehproben, hat vorläufig durch die Beschlüsse des Neapeler Kongresses (1909) ihren Abschluß gefunden.

Keineswegs konnte es daher, wie es bereits in der Einleitung hervorgehoben wurde, in meiner Absicht gelegen sein, mit neuen Vorschlägen für die praktische Sehprüfung hervorzutreten. Die Versuche, deren Ergebnisse an dieser Stelle zum Teil wiedergegeben werden sollen, verfolgten lediglich andere Ziele. Eine ganze Reihe wissenschaftlich interessanter Fragen, z. B. „wie sich aus dem quantitativen Lichtsinne der qualitative Formensinn entwickelt, wie das Auge dazu gelangt, an einem diffusen Flecke scharfe Konturen zu unterscheiden, Intervalle wahrzunehmen, erst einfache, dann komplizierte Formen zu erkennen“[1] usw., steht noch offen. Desgleichen fehlen noch immer systematische Untersuchungen, die sich mit dem Vergleiche von Punkt-, Doppelpunkt- und Buchstabenproben unter verschiedenen Bedingungen befassen. Als Beiträge und Vorarbeiten zur Beantwortung dieser Fragen, nicht als erschöpfende Behandlung dieser angeschnittenen Themen, die ich einem späteren Zeitpunkte vorbehalten möchte, sind die folgenden Ausführungen anzusehen.

Im vorstehenden wurde darauf verwiesen, daß keine der heute gangbaren Sehproben, sei sie nach welchem Prinzip immer konstruiert, allen theoretischen Anforderungen in befriedigender Weise entspricht. Anderseits kann aber auch nicht ge-

[1] Landolt (352), S. 44.

leugnet werden, daß sich mit allen diesen Methoden bis zu einem gewissen Grade brauchbare Resultate erzielen lassen. So gibt auch C. Hess[1] der Anschauung Ausdruck, daß sich anwendbare, aber nicht ohneweiters mit einander vergleichbare Anhaltspunkte für die Leistungen eines Auges sowohl bei der Benützung von Punkt- als auch Doppelpunkt- als auch Buchstabenproben erhalten lassen. Ein Vergleich schlechthin ist unzulässig, da ein Teil der in Betracht kommenden Faktoren bei den drei Methoden verschieden ist, ein anderer allerdings für alle drei in gleicher Weise in Betracht kommt.

Der Plan der Untersuchungen war nun der, unter bestimmten Versuchsbedingungen vergleichbare Werte für Buchstaben-, Punkt- und Doppelpunktproben zu ermitteln und davon ausgehend festzustellen, inwiefern eine Änderung einzelner Bedingungen das Ergebnis bei den drei Methoden beeinflußt.

Als Buchstabenproben verwendete ich die neuen „Internationalen Sehproben“ bezw. getreue Kopien derselben. Punkt- und Doppelpunktproben stellte ich mir durchgehends selbst mit Stanzen in der Weise her, wie es auf S. 59 beschrieben wurde.

Sämtliche Versuche wurden im Dunkelzimmer unter Zuhilfenahme eines auf S. 55 und 56 beschriebenen Schirmes angestellt. Als Lichtquelle dienten „Deutsche Vereins-Paraffinkerzen“.

Da diese Experimente ein gewisses Maß von Willenskraft, angespannte Aufmerksamkeit und Selbstkontrolle von seiten der Versuchsperson voraussetzen, sofern die Angaben als verläßlich bezeichnet werden sollen, so kamen lediglich Angehörige der gebildeten Stände, vorwiegend Studenten, dafür in Betracht. Sämtliche Versuchspersonen waren junge Leute zwischen 20 und 30 Jahren. Es wurden selbstverständlich nur Emmetrope berücksichtigt; die Augenuntersuchung erfolgte mittels der „Internationalen Sehproben“, ophthalmoskopisch und skiaskopisch. Wo nicht anders bemerkt, ging der betreffenden Versuchsserie stets ein absoluter Dunkelaufenthalt des Individuums von 20 Minuten voraus. Wiewohl nach dieser Zeit die Dunkeladaptation noch keineswegs als beendet angesehen werden kann, so hat nach Ablauf von 20 Minuten die Empfindlichkeitszunahme des Sehorgans doch schon größtenteils stattgefunden.

[1] Hess (262), S. 242.

Die ersten Versuche waren darauf gerichtet, jene Punktgrößen zu ermitteln, die unter den gegebenen Verhältnissen den einzelnen Zeichen der „Internationalen Sehprobentafel" entsprechen. Ich möchte von einer vollständigen Wiedergabe dieser Tabellen hier absehen und lediglich einen Einzelfall herausgreifen, um an diesem Beispiele die gemachten Beobachtungen zu erläutern.

Aus einer größeren Reihe von Versuchspersonen ließ sich unschwer eine Anzahl herausfinden, bei denen Prüfungen mit den „Internationalen Sehproben" unter bestimmten Bedingungen völlig übereinstimmende Befunde ergaben. Es wurde nun versucht, für jede dieser Versuchspersonen diejenige Punktgröße zu bestimmen, die laut Angabe eben noch scharf gesehen wird und unter den gegebenen Bedingungen daher einer ermittelten Reihe der „Internationalen Sehproben" entspricht.

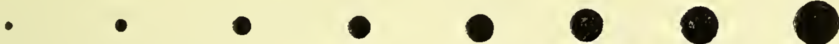


Fig. 6. Punktproben. Durchmesser um 0·5 *mm* ansteigend.

Zur Bestimmung der Punktsehschärfe stand eine Tafel zur Verfügung, auf der Punkte in abgestuften Größen aufgetragen waren. Die Reihe war so gewählt, daß die Durchmesser[1] der auf einander folgenden Punkte (nicht der Flächeninhalt wie bei den Guilleryschen Proben) in arithmetischer Progression um 0·5 *mm* anstiegen. Es waren die Größen $d = 0{\cdot}5$, 1·0, 1·5, 2·0, 2·5, 3·0, 3·5, 4·0 vertreten (Fig. 6). Auf einer zweiten Tafel fanden sich für das hauptsächlich in Betracht kommende Intervall zwischen 1·5 und 2·5 *mm* Durchmesser Abstufungen vor, die um 0·1 *mm* anstiegen.

Die bei zahlreichen Einzelversuchen erhaltenen Angaben jedes einzelnen zeigen nur höchst unbeträchtliche Schwankungen, die sich innerhalb enger Grenzen halten und für das betreffende Individuum einen charakteristischen Wert festsetzen lassen. Die Gleichmäßigkeit der Angaben besagt jedenfalls so viel, daß jedes Individuum sich vom Scharfsehen eines Punktes eine bestimmte

[1] Besonders Schenck (510), S. 393, betont, daß es richtiger und übrigens auch anschaulicher ist, den Grad der Sehschärfe nach dem Durchmesser und nicht nach dem Flächeninhalte der gesehenen Punkte zu messen.

Vorstellung gemacht haben mußte, — die sich natürlich mit der eines zweiten nicht notwendig zu decken brauchte, — und an ihr auch festhielt. Unter objektiv gleichen Verhältnissen erfolgten auch stets gleiche Angaben von seiten einer und derselben Person. Es bereitet also gewiß keine Schwierigkeit, für ein bestimmtes Individuum eine Punktskala herzustellen, die den einzelnen Zeichengrößen der „Internationalen Sehproben“ entspricht.

Merkwürdigerweise zeigte es sich aber nun beim Vergleiche der Prüfungsergebnisse einer größeren Zahl von Versuchspersonen, daß sich darunter einige vorfanden, die nach den Prüfungen mit den Ziffern- und Ringzeichen die gleiche „Erkennungsschärfe“ besaßen, bei Ermittlung der „Punktsehschärfe“ dagegen verschiedene Leistungen darboten. Die folgende Tabelle illustriert diese Verhältnisse.

Tabelle 4.

Vers.-Prot. Nr. 31/VI, 41/VIII, 25/IV, 45/IX; 20 Minuten Dunkeladaptation; Distanz: 5 *m*; Beleuchtung: 8 MK.

Ermittelte Reihe der „Internationalen Sehproben“			Ermittelte Punktgröße		Versuchsperson
Grad der Sehschärfe	Ziffern-Zeichen	Landoltscher Ring	Flächenpunkt	Durchmesser in *mm*	
V = 1	1 7	○	●	2·5	E. v. K.
			●	2·2	L. P.
			●	2·0	A. J.
			●	1·5	F. M.

Die Erklärung dieser Feststellung ergibt sich nicht ohneweiters und setzt die gründliche Erwägung verschiedener Möglichkeiten voraus.

Die verschiedenen ermittelten Punktgrößen sind offenbar der Ausdruck einer verschiedenen Leistungsfähigkeit der einzelnen

Augen, sagen wir kurzweg ihrer „Punktsehschärfe". Versuche, mit entsprechend fein abgestuften Ziffernproben auch Verschiedenheiten ihrer „Erkennungsschärfe" festzustellen, verliefen ergebnislos. Damit fällt der so naheliegende Einwand, daß wir es mit von vorhinein aus diesen oder jenen Gründen ungleichwertigen Augen zu tun gehabt hätten. Wenn also überhaupt Ungleichwertigkeiten bestanden, so waren dieselben jedenfalls solcher Art, daß sie sich mit Ziffernproben nicht nachweisen ließen.

Aus der ganzen bisherigen Behandlung des Stoffes geht hervor, daß ich die Sehschärfe als eine von einer ganzen Reihe von Faktoren beeinflußbare Gesamtleistung auffasse. Man kann sich danach sehr wohl vorstellen, daß bei verschiedenen Personen mitunter ein ganz ähnliches Endergebnis zustande kommt, wiewohl die Zusammensetzung aus den einzelnen Faktoren als durchaus nicht gleichartig angesehen werden darf.

So wäre es denkbar, daß gewisse Variationen der Bildschärfe gegebenenfalls durch die Betätigung der psychischen Komponente wieder wettgemacht werden. Darin läge z. B. eine Erklärung für das Versagen der Buchstabenproben für die Feststellung feinster Leistungsabstufungen. Die bahnende Kraft bestehender Vorstellungen macht sich geltend; ein paar Anhaltspunkte, wie z. B. eine ungleiche Verteilung von Hell und Dunkel im Vereine mit reproduzierten Erinnerungsbildern, ermöglichen auch bei ziemlich undeutlichen Bildern noch die richtige Angabe. Größenabstufungen innerhalb enger Grenzen werden deshalb alle gleich gut erkannt. Bei Punktproben treten derartige postretinale Faktoren mehr in den Hintergrund und eventuelle sonstige Verschiedenheiten machen sich sofort bemerkbar. Für derartige Fälle wäre dann — ich betone aber ausdrücklich, nur für das wissenschaftliche Experiment — die zweifellose Überlegenheit der Punktproben über die Buchstabenproben ausgesprochen.

Diese Deutung mag in einzelnen Fällen das Richtige treffen, doch bin ich überzeugt, daß sie für die Erklärung aller Tatsachen nicht als ausreichend erachtet werden kann und daß auch noch andere Möglichkeiten offen bleiben.

Wenden wir uns nun den verschiedenen ermittelten Graden der Punktsehschärfe zu. Die Ursachen für die abweichenden

Ergebnisse stehen zweifellos in engen Beziehungen zum Begriffe des scharfen Sehens eines Punktes. Momente rein psychologischer wie auch sinnesphysiologischer Natur können hierbei zusammenwirken.

Aubert[1] hat vor langen Jahren dargetan, daß die Sichtbarkeit eines Objektes von der Größe des Netzhautbildes (Gesichtswinkel), von der absoluten Helligkeit und vom Helligkeitsunterschiede zwischen Objekt und Grund abhängt. Man wird also stets daran festzuhalten haben, daß das Heruntersinken einer dieser Größen unter eine bestimmte Grenze eine Verminderung der Sichtbarkeit des betreffenden Gegenstandes nach sich zieht.

Wie an früherer Stelle betont wurde, erscheint das erste Bild jedes beliebigen schwarzen Probeobjektes auf weißem Grunde bei Annäherung aus weiter Entfernung zuerst als verschwommener grauer Fleck von annähernd kreisförmiger, beziehungsweise elliptischer Gestalt. Erst bei weiterer Annäherung kommt es zur Entstehung eines scharfen Bildes und damit zum Erkennen der besonderen Eigenschaften, wie Form, Größe usw. Statt des Begriffes Annäherung kann selbstverständlich auch Vergrößerung gesetzt werden. Jene erste Empfindung stellt zweifellos den Beginn einer räumlichen Unterscheidung von der Umgebung dar. Nach Guillery[2] wäre diese Erregung so primitiv, daß auch ihre Deutung einen verhältnismäßig sehr einfachen physiologischen Vorgang darstellen muß, der mit den viel verwickelteren Vorgängen des Formensinnes noch nichts zu tun hat. Guillery hat deshalb dieses Stadium als das geeignetste dafür erklärt, einen Maßstab für die Feinheit der räumlichen Unterscheidung überhaupt abzugeben, „denn jede Herabsetzung dieser Unterscheidungsfähigkeit erschwert auch sofort deutlich in meßbarer Weise jene Wahrnehmung. Bei dieser Messung fällt jede Beimischung von Faktoren fort, welche sich einer Messung entziehen“.

Doch diese Ansichten Guillerys werden nicht allgemein geteilt und neuere Forscher, wie Löhlein und Gebb[3], betonen ausdrücklich, daß gerade für das Zustandekommen jenes ersten verwaschenen, fleckähnlichen Bildes in erster Linie der Lichtsinn in

---

[1] Aubert (28), S. 88.

[2] Guillery (236), S. 226.

[3] Löhlein und Gebb (370), S. 73.

Betracht komme und daß die Lage jener Grenzen in hohem Grade von der Belichtungsstärke abhängig wäre.

Diese Behauptung stützt sich offenbar auf die Befunde Riccòs[1] und Ashers[2], wonach an der Grenze des Wahrnehmbaren für die Sehgröße eines Objektes lediglich die ins Auge gelangende Lichtmenge in Betracht kommt. Riccò formulierte das Gesetz so, daß das Produkt aus Lichtstärke und Flächengröße des wahrgenommenen kleinen Objektes eine konstante Größe ergebe und daß sich daher Lichtstärke und Fläche gegenseitig vertreten können.

Gehen wir auf die Entstehung jenes ersten fleckähnlichen Bildes und seine Beziehungen zum scharfen Bilde etwas näher ein. Dieses interessante, keineswegs einfache Problem hat, soviel ich finden kann, durchaus noch nicht jene eingehende Berücksichtigung erfahren, die es bei der Wichtigkeit des Gegenstandes verdient.

Die subjektive Empfindung, einen Gegenstand unscharf zu sehen, kann zwei Ursachen haben: sie kann bedingt sein durch Momente, die ein unscharfes Retinabild veranlassen, sie kann aber auch trotz eines theoretisch genommen objektiv scharfen Netzhautbildes vorkommen.

Der zweitgenannte Fall findet seine Erklärung durch die Grenzen des optischen Auflösungsvermögens. Sobald Einzelheiten eines Gegenstandes oder räumlich getrennte Gegenstände unter so kleinen Gesichtswinkeln erscheinen, daß sie nicht mehr imstande sind, gesonderte Elemente des Retinamosaikes zu erregen, sehen wir diese Gegenstände nicht mehr scharf, weil wir ihre Einzelheiten oder Zwischenräume nicht als solche erkennen, obschon von jedem Objektteil ein von seinem Nachbar gesondertes Bild auf der Netzhaut entworfen wird.

Nach einer vielfach verbreiteten Ansicht benötigt das Bild eines Objektes, das unter einem Gesichtswinkel von 35″ gesehen wird, gerade die Fläche eines einzigen Retinazapfens. Dieser Zapfen wird, wenn es sich z. B. um ein dunkles Objekt auf hellem Grunde handelt, weniger gereizt als seine vom reflektierten Lichte der weißen Grundfläche erregten Nachbarn. Wenn

[1] Riccò (486), S. 122.
[2] Asher (26), S. 403.

nun das Bild des schwarzen Punktes kleiner wird als die Fläche eines Zapfens, dann wird auf die vom Bilde unbedeckten Teile auch noch etwas Licht aus der Umgebung des Punktes auffallen. Dadurch wird auch die Helligkeitsdifferenz zwischen dem vom Punktbilde getroffenen und den übrigen benachbarten Zapfen verringert. Der Kontrast ist vermindert, der Punkt erscheint nicht mehr schwarz, sondern grau und wird überhaupt nur so lange bemerkt, als die Helligkeitsdifferenz noch empfunden wird.

Diese Auseinandersetzung wird natürlich sofort gegenstandslos, wenn man sich der von Hering, Asher u. a. vertretenen und neuerdings fast allgemein angenommenen Lehre von der Unmöglichkeit objektiver Einzapfenbilder anschließt. Danach kann für die Bildentstehung, dank der Aberration, immer nur eine Vielzahl von Netzhautelementen in Betracht kommen und die Größenbestimmung erfolgt durch die Zahl der wirksam gereizten, der Empfindungsfläche entsprechenden Zapfen.

Wir gelangen damit zum unscharfen Retinabilde, das seine Entstehung Mängeln des dioptrischen Apparates, den Aberrationserscheinungen dankt, die bei quantitativer Steigerung zum Sehen in Zerstreuungskreisen führen. Es wurde schon des öfteren betont, daß der „bilderzeugende Apparat des Auges seine Aufgabe, die Lichtreize an die einzelnen Netzhautelemente, und zwar entsprechend der relativen Lage der Lichtquellen zueinander, zu verteilen, auch bei optimaler Refraktion und Akkommodation nur in recht unvollkommenem Maße erfüllt“[1]. Es ist daher von außerordentlicher biologischer Bedeutung, daß wir im „Kontraste“ ein physiologisches Korrektionsmittel besitzen, um, trotz der Mangelhaftigkeit der Netzhautbilder, trotz der Unvollkommenheit der Reizverteilung, zu so relativ scharfen Anschauungsbildern zu gelangen.

Die Abbildungsfehler bei physiologischer Aberration machen sich nur unter besonderen Umständen, besonders bei starker Beleuchtung, deutlicher bemerkbar. Man spricht dann von den Erscheinungen der Irradiation, die sich durch die Änderung der „Sehgröße“ des Gegenstandes, durch die scheinbare Verschiebung seiner Konturen geltend machen. Für den Grad dieser scheinbaren Größenänderung kommen die sogenannten Irradiations-

[1] Tschermak (587), S. 788.

gesetze in Betracht, wonach der Zuwachs an scheinbarer Größe bei positiver Irradiation mit der Lichtstärke wächst (Irrad.-Satz II), dagegen vom Gesichtswinkel unabhängig bleibt, sofern dieser hinlänglich groß ist (Irrad.-Satz I). Innerhalb gewisser Grenzen kleiner Gesichtswinkel nach oben wie unten wird der Größenzuwachs durch Irradiation um so größer, je kleiner der Gesichtswinkel wird (Irrad.-Satz III). Unterhalb jener unteren Grenze (wenige Winkelminuten) bleibt der Gesichtswinkel ohne Einfluß auf die scheinbare Größe des Objektes (Irrad.-Satz IV).

Viel auffallendere und störendere Irradiationserscheinungen machen sich bei dem „Sehen in Zerstreuungskreisen“ bemerkbar, seien dieselben nun durch Refraktions- und Akkommodationsanomalien oder nur durch mangelhafte Einstellung des Auges für ein bestimmtes Objekt bedingt. Besonders Hering[1] hat nachdrücklich gegenüber anders gearteten Anschauungen darauf verwiesen, daß zwischen den Irradiationserscheinungen bei mangelhafter und bei optimaler Einstellung ein grundlegender Unterschied nicht besteht.

Kommen wir auf die uns im besonderen interessierenden Punktproben zurück. Die Beobachtungen lehren, daß trotz ansehnlicher objektiver Lichtstärke und beträchtlichem Helligkeitsunterschiede gegen seine Umgebung ein schwarzer Punkt auf weißem Felde in bestimmter Entfernung als matter grauer Fleck erscheint. Wir müssen daher annehmen, daß eine Lichtzerstreuung stattgefunden hat und daß mithin das Netzhautbild des Objektes eine andere Ausdehnung besitzt, als es nach der Berechnung mit Hilfe des Gesichtswinkels haben müßte. Es handelt sich also zweifellos um Irradiationserscheinungen, um Änderungen des scheinbaren Ortes der Konturen.

An der linearen Grenze eines schwarzen Objektes auf weißem Grunde findet eine Mischung von Weiß und Schwarz in der Weise statt, daß das Schwarz heller, das Weiß dunkler wird. Aubert[2] bezeichnet jenen Teil des Netzhautbildes, auf dem sich die Helligkeit des Objektes mit der Helligkeit der Umgebung mischt, als Halbbild, als Kernbild dagegen jene Teile, woselbst die Zerstreuungskreise auf Punkte gleicher Helligkeit fallen und

[1] Hering (255), S. 446.

[2] Aubert (28), S. 198.

die Helligkeit der Fläche nicht verändern. Ein Kernbild von der ursprünglichen Helligkeit kann nur bei einer bestimmten Größe des Objektes zustande kommen. In diesem Falle besteht das Netzhautbild „erstens aus dem ganz schwarzen zentralen Teile, zweitens einer Grenzzone, welche mehr oder weniger allmählich von dunklem zu hellem Grau übergeht, drittens aus dem vollen Weiß, welches den Grund bildet und die graue Zone umgibt. Der Kontrast zwischen dem Schwarz und Weiß ist nun so groß, daß die graue Zone dagegen zurücktritt und je nach ihrer Helligkeitsdifferenz dem Schwarz oder Weiß anzugehören scheint. Da nun wegen des größeren Lichtreichtumes des Weiß die Differenz eines Grau gegen dasselbe immer geringer ist als die Helligkeitsdifferenz des Grau gegen das lichtärmere Schwarz, so wird die graue Zone größtenteils dem Weiß anzugehören scheinen, von dem es sich eben weniger unterscheidet als von dem Schwarz“[1]. Bei Objekten, deren Größen unter jenen Grenzen liegen, kommen überhaupt nur mehr Halbbilder zustande, da die graue Zone sich soweit gegen das Innere vorschiebt, daß selbst im Zentrum nicht mehr die ursprüngliche Schwärze herrscht. Dadurch wird aber auch eine Verschiebung des Helligkeitsverhältnisses der einzelnen Zonen bedingt, da sie von dem zentralen Grau viel weniger differieren als von dem zentralen Schwarz. Es wird daher eine Grenzzone, die im früheren Falle dem weißen Grunde zugezählt wurde, jetzt dem Grau zugerechnet werden. Darin liegt also die Erklärung, daß bewußter Punkt den Eindruck eines größeren, aber verwaschenen grauen Fleckes machen kann.

Welche Bedeutung kommt nun diesbezüglich dem Helligkeitsunterschiede[2] zwischen Objekt und Grund zu?

Je geringer die Helligkeitsdifferenz zwischen einem schwarzen Punkte und dem weißen Grunde ist, desto geringer ist auch die Ausdehnung der wahrnehmbaren Zerstreuungskreise. Das Kern-

---

[1] Aubert (28), S. 220.

[2] Zur Bezeichnung des Helligkeitsunterschiedes zwischen Objekt und Grund soll, wie es vielfach üblich wurde, der Ausdruck „Kontrast“ nicht angewendet werden. Unter Kontrast soll lediglich jener physiologische Vorgang im Sehorgan verstanden werden, der sich als gegensätzliche Wechselwirkung zwischen den einzelnen Sehelementen innerhalb der präterminalen Sphäre charakterisieren läßt.

bild nimmt infolgedessen auf Kosten des Halbbildes zu. Die Abnahme des Helligkeitsunterschiedes zwischen Objekt und Grund bedingt natürlich auch eine solche zwischen den Zerstreuungskreisen und dem Grunde; sie kann so weit führen, daß die Zerstreuungskreise sich völlig der Wahrnehmung entziehen. Es bleibt dann lediglich nur das Kernbild des Objektes übrig. Selbst bei kleinstem Gesichtswinkel kann dann das Bild noch relativ scharf erscheinen. Eine noch weitere Verringerung des Helligkeitsunterschiedes bringt es aber mit sich, daß ein Objektpunkt überhaupt keine so stark gegen seine Umgebung kontrastierende Empfindung mehr zu erregen vermag, daß er sich von ihr unterscheiden ließe: er wird unsichtbar. Sobald jene Grenze überschritten wird, innerhalb der sich ein Kernbild noch bemerkbar macht, muß der Gesichtswinkel beträchtlich zunehmen, sofern der Punkt noch wahrgenommen werden soll.

Ähnliches gilt auch von einer Abnahme der absoluten Helligkeit.

Bei keinem wie immer geformten Zeichen bereitet die Unterscheidung zwischen dem unscharfen und scharfen Bilde solche Schwierigkeiten als bei Punktobjekten. Es liegt dies schon in der Natur der Sache; zwischen dem charakteristischen scharfen Bilde eines Buchstabenzeichens und seinem verschwommenen, fleckähnlichen „Vorbilde“, (wie ich es der Kürze wegen nennen möchte) besteht eben ein beträchtlicher Unterschied. Für ein kreisrundes, punktförmiges Objekt gilt nicht dasselbe. Sein verwaschenes, aber immerhin kreisförmiges Vorbild ähnelt vielmehr bereits weitgehend dem ja ebenfalls kreisförmig begrenzten scharfen Bilde.

Es kann sich bei einer Prüfung mit Punktproben nur um zwei Möglichkeiten handeln: entweder um die Bestimmung der äußersten Grenzen für das Vorbild oder für das scharfe Bild. Die erstere Methode kann wohl kaum in Betracht kommen, denn sie steht doch dem zu ferne, was man bisher unter einer Sehschärfeprüfung verstand, aber auch die zweite Methode stößt auf nicht zu unterschätzende praktische Schwierigkeiten. Gerade der allmähliche Übergang des verschwommenen Vorbildes in das scharfe Bild bringt es mit sich, daß man von ungeübten Personen für diese Grenze auch kaum zuverlässige Angaben wird

erhalten können. Es spielen dabei zu sehr psychologische Momente mit und für manche Abweichungen in den Aussagen fehlt zweifellos eine sinnesphysiologische Grundlage.

Meist begehen ohne entsprechende Übung auch intelligente Personen, sobald sie wissen, daß es sich um Punktproben handelt, den Fehler, Punkte scharf sehen zu wollen, wenn es noch nicht oder nicht mehr der Fall ist. Um ein Beispiel zu geben:

Vers.-Prot. Nr. 8/I.; H. K., cand. jur., 21 Jahre; rechtes Auge; 20 Minuten Dunkeladaptation; Distanz: 5 *m*; Beleuchtung: 8 MK.

Die Punktgröße $d = 1{\cdot}5$ *mm* wird unter diesen Umständen laut Angabe eben noch scharf gesehen. Die Versuchsperson wird nun aufgefordert, sich bis zur äußersten Wahrnehmbarkeitsgrenze des Vorbildes von der Probe zu entfernen (5·80 *m*) und nun durch allmähliches wiederholtes Annähern und Entfernen jenen Abstand zu bestimmen, bei dem das Punktbild scharf hervortritt. Die ermittelte Entfernung war nun wesentlich geringer als 5 *m*, sie betrug in diesem besonders krassen Falle sogar nur 3·40 *m*.

Zweifellos liegt in derartigen Irrungen, in dem mehr oder minder weitgehenden Unvermögen für eine scharfe Grenzbestimmuug des deutlichen Punktbildes eine Hauptursache für die verschiedenen Angaben verschiedener Personen, ja auch eines und desselben Individuums. Diese Tatsache ist jedenfalls nicht danach angetan, die Punktproben für praktische Zwecke sonderlich zu empfehlen. Wesentlich anders liegen die Verhältnisse natürlich für wissenschaftliche Untersuchungen, bei denen an die Beobachtungsgabe und Zuverlässigkeit der Versuchspersonen ganz andere Anforderungen gestellt werden können.

Die Tabellen 5 und 6 bringen nun die Ergebnisse einiger Versuchsserien mit Punktproben bei innerhalb enger Grenzen wechselnder Beleuchtung. Es handelte sich darum, durch Annähern und Entfernen die äußersten Grenzen für das scharfe und unscharfe Bild einer bestimmten Punktgröße ($d = 2$ *mm*) zu ermitteln. Die angegebenen Zahlen sind die auf Zehner abgerundeten Mittelwerte einer größeren Zahl von Einzelversuchen. Wiewohl diese Zahlen aus naheliegenden Gründen keinen Anspruch auf absolute Genauigkeit erheben können, so zeigen sie doch jedenfalls so viel, nach

Tabelle 5.

Prot. Nr. 25/IV; Vers.-Pers.: A. J., cand. med., 20 Jahre; rechtes Auge; Punktgröße: Durchmesser = 2 *mm*.

Lichtquelle: 2 VK in einem Abstande von	Beleuchtung in MK	Größter ermittelter Abstand für das			
		scharfe Punktbild	Differenz	unscharfe Punktbild	Differenz
1·25 *m*	1·28	3·70 *m*	} 20 *cm*	4·70 *m*	} 30 *cm*
1·00 „	2·00	3·90 „	} 40 „	5·00 „	} 50 „
0·75 „	3·55	4·30 „	} 50 „	5·50 „	} 60 „
0·50 „	8·00	4·80 „		6·10 „	

Tabelle 6.

Prot. Nr. 20/III; Vers.-Pers.: G. N., cand. jur., 21 Jahre; rechtes Auge; Punktgröße: Durchmesser = 2 *mm*.

Lichtquelle: 2 VK in einem Abstande von	Beleuchtung in MK	Größter ermittelter Abstand für das			
		scharfe Punktbild	Differenz	unscharfe Punktbild	Differenz
1·25 *m*	1·28	3·20 *m*	} 20 *cm*	5·20 *m*	} 40 *cm*
1·00 „	2·00	3·40 „	} 40 „	5·60 „	} 50 „
0·75 „	3·55	3·80 „	} 40 „	6·10 „	} 60 „
0·50 „	8·00	4·20 „		6·70 „	

welcher Richtung hin die Beeinflussung stattgefunden hat. Hand in Hand mit der Zunahme der Beleuchtung geht auch eine Zu-

nahme des größtmöglichen Abstandes für beide Bilder. Daraus erhellt aber auch, was übrigens nach den bisherigen Erfahrungen zu erwarten war (vergl. S. 78), daß das unscharfe Bild in viel höherem Maße von der jeweiligen Beleuchtung abhängt als das scharfe.

Ein Vergleich der beiden hier aufgenommenen Tabellen ergibt ferner die merkwürdige Tatsache, daß der relative Abstand zwischen dem scharfen und unscharfen Bilde bei G. N. wesentlich größer ist als bei A. J. Ja der Unterschied geht so weit, daß auch die absolute Entfernung für das unscharfe Bild bei G. N. größer wird als bei A. J., während für das scharfe des Umgekehrte gilt. Da beide Personen zur Zeit dieser Versuche bereits über einige Übung verfügten und auch genau wußten, worauf es ankam, so sind unrichtige Angaben ausgeschlossen. Dagegen spricht ja auch schon die Gleichmäßigkeit der Resultate bei den Einzelversuchen.

Es handelt sich also jedenfalls um subjektiv verschiedene Empfindungen. Über ihre Ursachen möchte ich mich vorläufig nur mit aller Zurückhaltung äußern. Geringfügige Unterschiede in der Lichtaberration könnten hier mitspielen, es liegt aber auch jedenfalls nahe, an einen Einfluß des Lichtsinnes zu denken, da, trotz gleicher objektiver Lichtstärken und gleicher objektiver Helligkeitsdifferenzen, die Helligkeitsempfindungen verschieden sein können.

Liebrecht[1] hat auf gewisse Unterschiede in dem Ergebnisse bei der Untersuchung mit Snellenschen Proben und Guilleryschen Proben bei schwankender Beleuchtung hingewiesen. Guillery[2] konnte diese Angaben nicht bestätigen, erklärte aber, daß sie nur für die Empfindlichkeit und Schärfe seines Verfahrens sprechen würden, soferne sie zu Recht bestünden. Wenn Schwankungen der Beleuchtung Änderungen der Sehschärfe herbeiführen sollten und diese sich mit den Punktproben nachweisen ließen, mit den Snellenschen dagegen nicht, so wäre dies nur eine Empfehlung für die ersteren.

Es sei hier nun ein vergleichender Versuch in dieser Hinsicht mitgeteilt, der bei einer und derselben Versuchsperson eine nahe-

[1] Liebrecht (362), S. 37.
[2] Guillery (220), S. 84.

zu vollständig gleichsinnige Beeinflussung des ganz scharfen Bildes für Punkt- wie Ziffernprobe durch die Beleuchtung innerhalb der angeführten Grenzen ergab.

Tabelle 7.

Vers.-Prot. Nr. 20/III u. 21/III; Vers.-Pers.: G. N., 21 Jahre; rechtes Auge; 20 Minuten Dunkeladaptation.

Lichtquelle: 2 VK in einem Abstande von	Beleuchtung in MK	Größter ermittelter Abstand für das scharfe Bild für	
		Punktprobe (Durchmesser = 2 *mm*)	internationale Sehprobe (Reihe: V = 0·8)
1·25 *m*	1·28	3·20 *m*	3·20 *m*
1·00 „	2·00	3·40 „	3·50 „
0·75 „	3·55	3·80 „	3·90 „
0·50 „	8·00	4·20 „	4·20 „

Einiges Interesse dürften schließlich noch Versuche verdienen, bei denen es darauf ankam, die Entfernungen für die verschiedenen Bildstadien von Ziffernproben bei wechselnder Beleuchtung zu bestimmen. Der auf S. 96 wiedergegebene Versuch wurde ebenfalls mit den „Internationalen Sehproben“ (Größe V = 0·8) angestellt und bezieht sich auf dieselbe Versuchsperson wie der vorige.

Für die Herstellung der Doppelpunktproben wurde der gleiche Weg gewählt, der schon für die Anfertigung der Punktproben eingeschlagen wurde, nämlich das Ausstanzen der „Punkte“. Diese konnten nun in gleicher Weise wie dort auf weißem Papier oder Karton aufgeklebt werden, nachdem die gegenseitigen gewählten Abstände auf das genaueste durch Messung bestimmt worden waren.

Eine von mir vielfach benutzte Reihe von Doppelpunktproben war so konstruiert, daß der Radius des einzelnen Punktes

Tabelle 8.

Vers.-Prot. Nr. 21/III u. 22/III; Vers.-Pers.: G. N., 21 Jahre; rechtes Auge; 20 Minuten Dunkeladaptation.

Lichtquelle: 2 VK in einem Abstande von	Beleuchtung in MK	Scharfes Bild		Beide Zeichen erscheinen als noch deutlich von einander getrennte Flecke	Beide Zeichen fließen in einen Fleck zusammen
		sicheres Erkennen	unsicheres Erkennen		
1·25 *m*	1·28	3·20 *m*	4·00 *m*	5·00 *m*	über 7 *m*[1]
1·00 „	2·00	3·50 „	4·40 „	5·90 „	
0·75 „	3·55	3·90 „	5·00 „	6·80 „	
0·50 „	8·00	4·20 „	5·60 „	über 7 *m*[1]	

der Abstandsberechnung zugrunde gelegt wurde. Der Abstand, der für das erste Paar dem Radius gleichgemacht wurde, stieg bei den folgenden stets um diesen selben Betrag an. Diese Serie umfaßte sämtliche Punktgrößen, die bei den Versuchen mit Einzelpunkten in Betracht gezogen wurden. Eine der folgenden Seiten zeigt eine Zusammenstellung aus derartigen Doppelpunktproben (Fig. 7). Die Größen der einzelnen Punkte, sowie ihre gegenseitigen Abstände in Radien und in Millimetern lassen sich der beigegebenen Tabelle 9 entnehmen.

Bei jenen Versuchen, bei denen der Abstand der Doppelpunkte erst festgestellt werden sollte, wurde so vorgegangen, daß nur der eine der beiden Punkte auf der Unterlage, der andere auf einem Kokonfaden festgeklebt wurde. Bei entsprechender Spannung des Fadens legte sich auch dieses Plättchen völlig eben der Fläche an, ermöglichte aber durch Verschieben eine Änderung des Abstandes.

Die im folgenden wiedergegebenen Versuchsreihen waren lediglich zu dem Zwecke angestellt worden, die Prüfungsergebnisse

[1] Für die Bestimmung dieser Entfernungen war das Versuchszimmer zu klein.

mit Doppelpunktproben und mit Punktproben einem Vergleiche unterziehen zu können. Es soll damit also keineswegs gesagt sein, daß ich die Doppelpunkte für ein besonders zweckmäßiges Probeobjekt zur Bestimmung des optischen Auflösungsvermögens erachte. Bereits Volkmann[1] und Aubert[2] haben darauf hingewiesen, daß diesbezüglich Linien unstreitig der Vorzug vor punktförmigen Objekten einzuräumen sei. Besonders größere punktförmige Objekte müßten zur Bestimmung der kleinsten wahrnehmbaren Distanz einander stark genähert werden. Dadurch würde der Eindruck hervorgerufen, als befände sich eine schmale Linie zwischen zwei viel breiteren Flächen, „und man würde sich einer Illusion hingeben, wenn man glaubte, die Distanz zwischen zwei Punkten bestimmt zu haben“.

Die Versuche wurden in der Weise angestellt, daß vorerst für jede Versuchsperson diejenige Einzelpunktgröße bestimmt wurde, die unter den gegebenen Verhältnissen eben noch scharf gesehen wird. Diese Punktgröße kam dann auch für die Doppelpunktproben zur Verwendung. Der Untersuchte hatte nun anzugeben, bei welchem gegenseitigen Abstande der beiden Punkte er diese deutlich getrennt, bei welchem er sie zusammengeflossen (wann strich-, wann fleckähnlich) wahrnahm.

Es zeigte sich nun, daß bei dem gewählten Helligkeitsunterschiede und mittleren Beleuchtungsstärken die deutliche Unterscheidung der Punkte eben möglich wird, sobald der Abstand die Länge des dreifachen Radius erreicht. Eine weitere Vergrößerung der Entfernung bis auf den vierfachen Wert des Radius erhöht noch die Unterscheidbarkeit, darüber hinaus bleibt sie gleich, ja nimmt sogar wieder etwas ab. Diese Feststellungen stimmen gut mit den Angaben von Pergens[3] überein, wonach für zwei gleiche Quadrate auf einer Linie die größte Sichtbarkeit (Trennung in zwei Teile) dann gegeben erscheint, wenn das Intervall gleich ist der Summe der Quadrate.

Bereits Aubert[4] hat nachgewiesen, daß die Größe des

---

[1] Volkmann (601), S. 111.

[2] Aubert (28), S. 229.

[3] Pergens (439), S. 148.

[4] Aubert (28), S. 229.

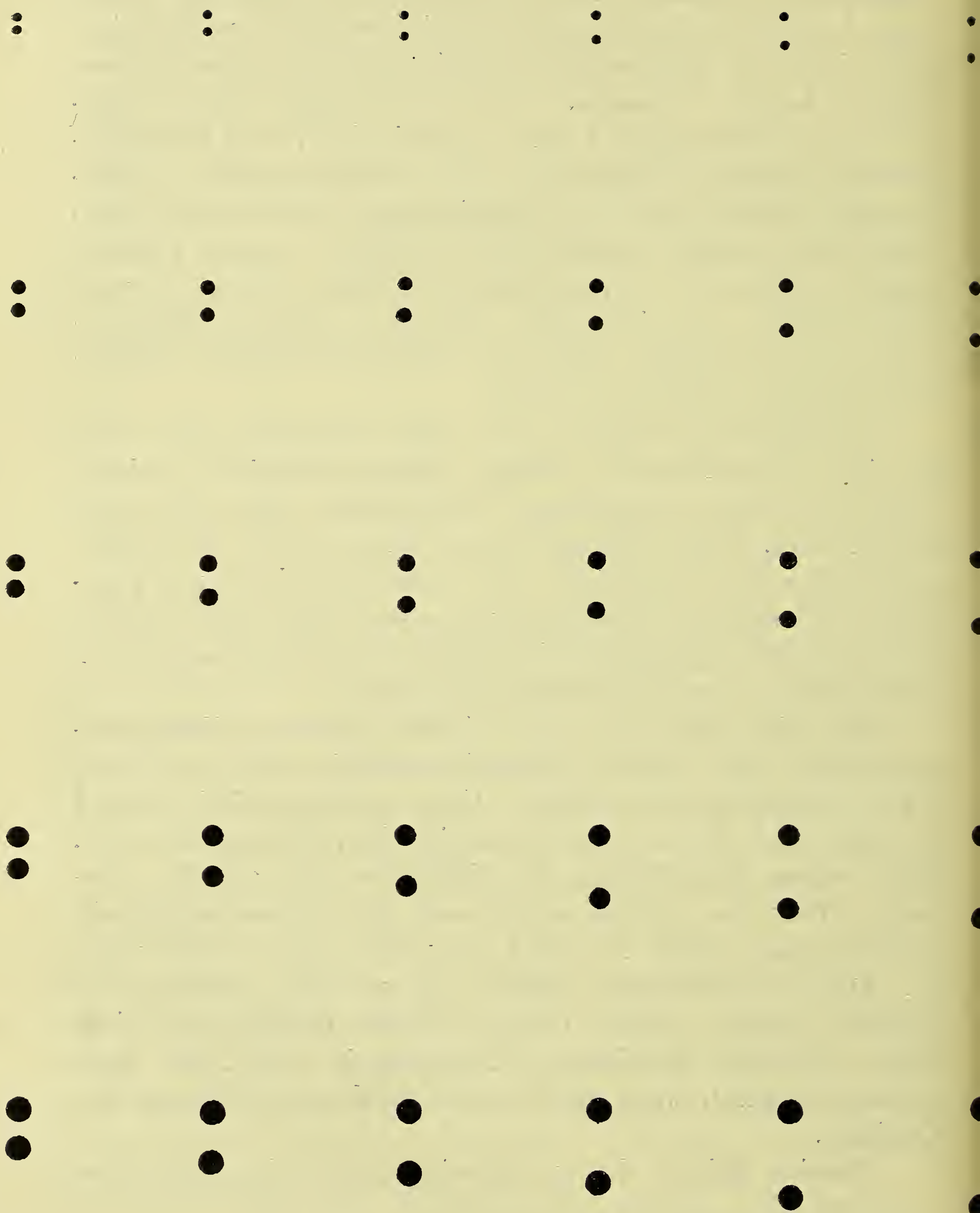


Fig. 7. Doppelpunktproben.
Der Abstandsberechnung ist der Halbmesser und dessen Vielfache zugrunde gelegt.

Tabelle 9 (zu Fig. 7).

Punktgröße Durchmesser in *mm*	Abstände in *mm*					
1·0	0·50	1·00	1·50	2·00	2·50	3·00
1·5	0·75	1·50	2·25	3·00	3·75	4·50
2·0	1·00	2·00	3·00	4·00	5·00	6·00
2·5	1·25	2·50	3·75	5·00	6·25	7·50
3·0	1·50	3·00	4·50	6·00	7·50	9·00
	Abstände in Radien					
	1 *r*	2 *r*	3 *r*	4 *r*	5 *r*	6 *r*

Helligkeitsunterschiedes, welchen die Netzhautbilder der Objekte gegen den Grund besitzen, bestimmend sei für die kleinste Distanz, die zwischen den Objekten noch wahrgenommen werden kann. Die Undeutlichkeit der Objekte bei verringertem „Kontraste“ erfordert einen größeren Gesichtswinkel für den Abstand der Objekte voneinander. Diesbezügliche Versuche konnten daher füglich unterbleiben, dagegen sei hier noch eine Tabelle, die den Einfluß der absoluten Beleuchtung erkennen läßt, mitgeteilt.

Die in der Tabelle 10 verwendeten Ausdrücke „Fleck“, „Strich“, „getrennt“ haben folgende Bedeutung: „Fleck“ bezeichnet das Zusammenfließen des Doppelpunktes zu einem einheitlichen kreisförmigen oder höchstens schwach ovalen fleckähnlichen Gebilde, „Strich“ zu einem deutlich längsgestreckten, während „getrennt“ die Unterscheidung der beiden Punkte anzeigt. Die hier aufgenommene Zusammenstellung bezieht sich lediglich auf Versuchsserien mit vertikaler Anordnung der Doppelpunkte, beobachtet aus einer Entfernung von 5 *m*.

Tabelle 10.

Vers.-Prot. Nr. 35/VII—37/VII; R. U., cand. med., 21 Jahre; rechtes Auge; 20 Minuten Dunkeladaptation.
Ermittelte Einzelpunktgröße: Durchmesser = 2 *mm*; Distanz: 5 *m*; Beleuchtung: 8 MK.

Durchmesser des Einzelpunktes in *mm*	Lichtquelle: 2 VK in einem Abstande von	Beleuchtung in MK	Abstände in Radien des Einzelpunktes 1	2	3	4	5
2	1·25 *m*	1·28	Fleck	Fleck	Fleck	Strich	Strich
	1·00 „	2·00	Fleck	Fleck	Strich	Strich	Strich
	0·75 „	3·55	Fleck	Strich	Strich	getrennt	getrennt
	0·50 „	8·00	Strich	Strich	getrennt	getrennt	getrennt
2 5	1·25 *m*	1·28	Fleck	Strich	Strich	getrennt	getrennt
	1·00 „	2·00	Strich	Strich	getrennt	getrennt	getrennt
	0·75 „	3·55	Strich	Strich	getrennt	getrennt	getrennt
	0·50 „	8·00	Strich	Strich	getrennt	getrennt	getrennt
3	1·25 *m*	1·28	Strich	Strich	getrennt	getrennt	getrennt
	1·00 „	2·00	Strich	getrennt	getrennt	getrennt	getrennt
	0·75 „	3·55	Strich	getrennt	getrennt	getrennt	getrennt
	0·50 „	8·00	getrennt	getrennt	getrennt	getrennt	getrennt

Schlußbemerkungen.

In der vorliegenden Studie versuchte ich einen Überblick über die physiologischen Grundlagen der Sehschärfe zu geben. Die ganze Behandlung des Stoffes, die Teilung in die Komponenten und die Erörterung der einzelnen Faktoren zeigt, daß ich einer sehr allgemeinen Fassung des Begriffes Sehschärfe das Wort rede, einer Fassung, die etwa der Definition Wolffbergs[1] „Die Sehschärfe ist die Sehleistung des dioptrisch normalen Auges" am nächsten kommt.

Mag diese Anschauung vielleicht nicht allgemein geteilt werden, so glaube ich doch, daß sie den natürlichen Verhältnissen am ehesten entspricht. Jede wie immer geartete Abtrennung aus einem untrennbaren Ganzen bleibt künstlich. Die Sehschärfe kann daher weder der Ausdruck für die Feinheit des optischen Raumsinnes noch für die des Formensinnes noch für die des Auflösungsvermögens usw. sein, sie bleibt vielmehr stets der Ausdruck für die Summe aller dieser Faktoren.

Diesen Tatsachen muß auch bei der Sehschärfeprüfung Rechnung getragen werden. Es hat sich in der Tat eine Verschiedenwertigkeit einzelner Probeobjekte herausgestellt, darauf zurückzuführen, daß bald dieser, bald jener Summand stärker beteiligt erscheint und das Endergebnis beeinflußt. Umgekehrt kann es vorkommen, daß ein und dasselbe Zeichen von zwei verschiedenen Personen gleich gut erkannt wird; trotzdem ist diese

[1] Wolffberg (628), S. 418.

gleiche Gesamtleistung dem Wesen ihrer Zusammensetzung nach durchaus nicht gleichartig. Die Verschiedenheit tritt unter Umständen sofort hervor, sobald ein anderes, ungleichwertiges Probeobjekt zur Prüfung verwendet wird.

So konnte ich feststellen, daß Leute, die bei der Prüfung mit Buchstabenzeichen denselben Grad der „Erkennungsschärfe" zeigten, bei der Verwendung von Punktproben wesentlich verschiedene „Punktsehschärfen" bekundeten. Welche Faktoren dafür verantwortlich gemacht werden müssen, kann heute wohl noch kaum mit Sicherheit gesagt werden. Ich möchte aber zur Ansicht hinneigen, daß es sich in erster Linie um Verschiedenheiten der Aberration und Irradiation handeln dürfte. Anderseits dürfte für das Zustandekommen der gleichen Erkennungsschärfe bei einzelnen der Personen eine kompensatorische Betätigung postretinaler Faktoren (Formensinn usw.) anzunehmen sein. Die im Hinblick auf die älteren Angriffe gegen die Punktproben naheliegende Annahme, es komme für die Abweichungen hauptsächlich der Lichtsinn in Betracht, scheint nicht für alle Fälle zuzutreffen. Dagegen handelt es sich offenbar um die Betätigung des Lichtsinnes, wenn die bei verschiedenen Personen für das Zustandekommen des scharfen und des unscharfen Punktbildes ermittelten Abstände merkliche Differenzen gegeneinander aufweisen.

Ob entgegengesetzte Verhältnisse auch vorkommen, d. h. ob bei Menschen mit gleicher Punktsehschärfe durch die Prüfung mit Buchstabenproben auch verschiedene Grade der „Erkennungsschärfe" festgestellt werden können, entzieht sich vorläufig noch der Beurteilung; theoretisch scheint es gewiß möglich zu sein.

Die erörterten Versuche haben es neuerlich bestätigt, daß Punkt- und Buchstabenproben nicht als gleichwertig angesehen werden dürfen, sie haben aber auch dargetan, daß wir in den Punktproben ein außerordentlich wertvolles Hilfsmittel zur Aufdeckung gewisser Sehschärfevariationen besitzen, deren Nachweis mit Buchstabenproben nicht gelingt. Für die augenärztliche Praxis wird diese Feststellung allerdings nie nutzbar gemacht werden können, die möglichen und zum Teil unkontrollierbaren Fehler sind zu groß. Für diesen Zweck halte ich Punktproben in jeder Form für

wenig geeignet. Nur der wissenschaftlich geschulte Beobachter wird imstande sein, zuverlässige Angaben darüber zu machen, ob und wann er einen Flächenpunkt scharf, wann unscharf sieht. Bei wissenschaftlichen Untersuchungen, besonders bei vergleichenden Versuchen über das Auflösungsvermögen unter verschiedenen Bedingungen, wird man aber, wie auch F. B. Hofmann[1] betont, die Untersuchung mittels einfacher dunkler Flecke als die theoretisch einfachste immer im Auge zu behalten haben.

---

[1] Hofmann (275), S. 107.

Literaturübersicht.

In dem nachfolgenden Verzeichnisse wurde für die physiologische Sehschärfeliteratur möglichste Vollständigkeit angestrebt. Daß dieses Ziel trotz allem darauf verwendeten Fleiße auch nur annähernd erreicht werden konnte, wage ich bei der so umfangreichen, zerstreuten und oft schwer zugänglichen Literatur dieses Gebietes kaum anzunehmen. Übersehen mögen daher gütigst entschuldigt werden.

Trotz der heutzutage gut organisierten, periodischen Literaturberichterstattung glaube ich durch diese mühevolle Zusammenstellung doch keine unnütze Arbeit geleistet zu haben, sondern einem vielfach geäußerten Wunsche zu entsprechen.

In chronologischer Hinsicht umfaßt das Verzeichnis die Literatur zwischen 1850 und 1910. Vor dieser Zeit wurden nur vereinzelte Arbeiten berücksichtigt; desgleichen konnte für das Jahr 1911 die Literatur noch nicht vollständig zusammengetragen werden.

Gewisse Schwierigkeiten ergaben sich bei der Auswahl der aufzunehmenden Arbeiten und bei der Abgrenzung gegen Nachbargebiete. Ich folgte dabei dem Grundsatze, daß das Augenmerk in erster Linie auf die physiologische Sehschärfeliteratur zu richten sei und daß alle Originalabhandlungen, die diesbezügliche Bemerkungen enthalten, aufzunehmen seien. In diesem Sinne fanden die umfangreiche pathologische Sehschärfeliteratur, sowie alle Abhandlungen über Massenuntersuchungen, die mehr von ethnographischen und hygienischen Gesichtspunkten Interesse verdienen, nur bedingte Berücksichtigung.

Das Verzeichnis erscheint nach den Zunamen der Autoren alphabetisch geordnet; die Arbeiten des einzelnen Autors sind chronologisch aufgeführt. Die Numerierung der Abhandlungen

ist fortlaufend; von der Aufstellung gesonderter Untergruppen wurde nach reiflicher Überlegung abgesehen. Im Texte zitierte, aber der Sehschärfeliteratur nicht zuzurechnende Werke sind deshalb auch in das einheitliche Verzeichnis aufgenommen, aber durch Einklammern ihrer Nummer kenntlich gemacht. Gewisse Ungleichmäßigkeiten und Mängel in bibliographischer Hinsicht finden ihre Erklärung in dem Umstand, daß einzelne Arbeiten nur nach Zitaten aufgeführt werden konnten, da mir das Original nicht zugänglich war. Ergänzungen sowie alle Mitteilungen über derartige Fehler und Lücken würde ich dankbarst entgegennehmen.

Von umfassenderen Literaturübersichten wurden bei Herstellung dieses Verzeichnisses mitbenutzt:

Übersicht über die gesamte physiologisch-optische Literatur bis zum Schlusse des Jahres 1894. Von Dr. Arthur König. H. v. Helmholtz, Handbuch der physiologischen Optik. II. Aufl. Hamburg und Leipzig 1896 (L. Voß).

Literaturberichte des „Archivs für Augenheilkunde" (Systematische Berichte über Leistungen und Fortschritte der Augenheilkunde). Verlag von J. F. Bergmann, Wiesbaden. Benutzt bis „Ber. über das Jahr 1910" einschl.

Literaturberichte der „Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane". Verlag von J. A. Barth, Leipzig. Benutzt bis „Ber. über das Jahr 1910" (Bd. 59) einschl.

Bibliographia physiologica, herausgegeben vom Concilium Bibliographicum in Zürich. Verlag von F. Deuticke, Leipzig und Wien. Benutzt bis „Bd. VII, Nr. 1/2, 1911".

* * *

1. — — —, Civilisation and eyesight. Science. Bd. 6. 1885. S. 195—196.

2. — — —, Tafeln und Schriftproben zur Bestimmung der Sehschärfe, entworfen nach dem Metersystem. Herausgegeben von der St. Petersburger Augenheilanstalt. I. Aufl. 1885. II. verbesserte Aufl. 1893. (Ref. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Jahrg. 32. 1894. S. 159—164.)

3. — — —, Bericht des Komitees über normale Probebuchstaben und über Leseproben. Trans. Amer. Ophthalmol. Soc. 1903.

4. **Abbot**, Test-types for the use of school-teachers. London 1889 (Prichard and Curry).

5. Abelsdorff, G., und H. Feilchenfeld, Über die Abhängigkeit der Pupillarreaktion von Ort und Ausdehnung der gereizten Netzhautfläche. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. Bd. 34. 1904. S. 111.
6. — Erwiderung auf die vorstehenden Bemerkungen von H. Wolff. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. Bd. 36. 1904. S. 98.
7. Adler, H., Über Wechsel- und Verwechselungssehproben. Ber. ü. d. 25. Vers. d. ophthalmol. Ges. z. Heidelberg 1896. S. 325.
8. Ahlbory, R., Über die Sehschärfe im Alter. Dissert. Berlin 1895.
9. Albrand, W., Sehproben. Leipzig 1893 (Hartung).
10. Albertotti, G., Sul rapporto tra l' acutezza visiva (V) et l' illuminazione (L). Annal. di Ottalmol. Bd. 7. 1878. S. 1—18.
11. — Esperienze di ottica fisiologica intorno alle variazioni dell' angolo visuale rispondenti alla luce decrescente. Annal. di Ottalmol. Bd. 24. 1895. S. 93.
12. — Note riguardenti l' effeto di optotypi costanti o variabili sopra fondo variabile o costante. Annal. di Ottalmol. Bd. 24. 1895. S. 157.
13. Albini, G., Reflexionen über die typographische Skala zu optischen Proben. Giorn. internat. de sc. med. 1878. S. 52—56.
14. — Über typographische Sehproben. Giorn. internat. de sc. med. 1879.
15. — Tavole per le prove ottiche in oculistica precedute da alcune riflessioni sulle scale tipografiche. Neapel 1881 (Detken).
16. — Tavole ottimetriche. Neapel 1885 (Detken).
17. — Sulla visione indiretta delle forme e dei colori. Giorn. della R. Accad. di Med. 1886 und Annal. di Ottalmol. Bd. 15. 1887. S. 482.
18. Alexander-Schäfer, G., Vergleichend-physiologische Untersuchungen über die Sehschärfe. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 119. 1907. S. 571—579.
19. Amar, J., Actions solaires sur la vision. L'astigmatisme inverse et sa cause probable; son importance anthropométrique. — Acuité visuelle. — Vision des couleurs. Journ. de Physiol. et Pathol. gén. Paris. Bd. 10. 1908. S. 231—237.
20. Ammon, F. v., Sehprobentafeln zur Bestimmung der Sehschärfe für die Ferne 2. Aufl. München 1909 (Lehmann. V.).
21. Armaignac, H., Quelques mots sur l'acuité visuelle et les échelles optométriques. Rev. d' oculist. du sud-ouest. Bd. 1. 1880. S. 5. und S. 25—33.
22. — Nouvelle échelle optométrique décimale universelle. Rec. d'Ophthalmol. Bd. 29. 1907. S. 147.
23. — Nouveau modèle portatif d'optotypes décimaux pour mesurer l'acuité visuelle de près et à distance ainsi que l'accommodation. Annal. d' Oculist. Paris. Bd. 137. 1907. S. 480—481.
24. — Échelle optométrique décimale universelle. Ber. d. XI. Internat. Kongr. f. Augenheilk. Neapel 1909. Arch. f. Augenheilk. Bd. 64. 1909. S. 100.
25. — La vision et les diverses échelles optométriques au point de vue clinique et medico-légal. Rec. d' Ophthalmol. Bd. 32. 1910. S. 81.
26. Asher, L., Über das Grenzgebiet des Licht- und Raumsinnes. Zeitschr. f. Biol. Bd. 35. (Neue Folge Bd. 17.) 1897. S. 394—418.

27. Aubert, H., Beiträge zur Physiologie der Netzhaut. Abhandl. d. schles. Ges. 1861. S. 49—103.
28. — Physiologie der Netzhaut. Breslau 1865 (Morgenstern). 394 S.
29. — Physiologische Optik. Graefe-Saemisch, Handb. d. ges. Augenheilk. 1. Aufl. Bd. 2. T. 2. 1876. S. 393—690.
30. Aubert, H., und Förster, Beiträge zur Kenntnis des indirekten Sehens. I. Über den Raumsinn der Retina. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 3/2. 1857. S. 1—67.

31. Badal, Conférences d'optométrie. (Acuité visuelle, etc.) Gaz. des Hôspit. 1878.
32. — Sur l'angle visuel. Soc. d'Anat. et de Physiol. de Bordeaux. Bd. 1. 1881.
33. — Considérations sur la mesure de l'acuité visuelle. Soc. d'Ophthalmol. et de Laryng. de Bordeaux. Avril 1893 und Annal. d'Oculist. Bd. 110. 1893. S. 201.
34. Badaloni, G., Acuità visiva e senso cromatico nelle scuole. Bull. Sci. Med. Bologna. Bd. 75. 1904. S. 381.
35. Basler, A., Über das Sehen von Bewegungen. I. Die Wahrnehmung kleinster Bewegungen. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 115. 1906. S. 582—601.
36. — Demonstration einer Versuchsanordnung, die es ermöglicht, die Wahrnehmbarkeit kleiner Bewegungen direkt zu vergleichen mit der sogenannten Sehschärfe. Zentralbl. f. Physiol. Bd. 23. 1909. S. 284.
37. Beck, A., Ein neuer Apparat zur Vornahme von Sehprüfungen. Münchener med. Wochenschr., Bd. 53. 1906. S. 1207—1208.
38. Becker, G., Über exzentrische Sehschärfe und ihre Abgrenzung von der zentrischen. Dissert. Halle. Wiesbaden 1883 (Bergmann).
39. — Neue Untersuchungen über exzentrische Sehschärfe und ihre Abgrenzung von der zentrischen. Dissert. Halle 1886.
40. — Ein Apparat zur Sehschärfebestimmung mit beweglichen Lesezeichen. Zentralbl. f. prakt. Augenheilk., Bd. 15. 1891. S. 171.
41. — Über absolute und relative Sehschärfe bei verschiedenen Formen der Amblyopie. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Bg. 29. 1891. S. 404—423.
42. Békéss, A., Die Sehprüfung beim Eisenbahn- und Dampfschiffpersonal. Leipzig 1908.
43. Bellarminow, L., Über den Wert der für die Bestimmung der Sehschärfe angewandten Sehproben. Westnik ophthalmol. 1886.
44. — Über die Tauglichkeit und Genauigkeit der vorhandenen Probebuchstaben für die Bestimmung der Sehschärfe. Arch. f. Augenheilk. Bd. 16. 1886. S. 284.
45. Berger, E., Tafeln zur Bestimmung der zentralen Sehschärfe schwachsichtiger Augen. I. u. II. T. Wiesbaden 1910 (Bergmann).
46. — Tafeln zur Bestimmung der zentralen Sehschärfe schwachsichtiger Augen mit Hilfe des Stereoskops. 15 Taf. u. 8 S. Wiesbaden 1910 (Bergmann).

47. Bergmann, C., Können die Zäpfchen der Fovea centralis retinae Seheinheiten sein? Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 23/3. S. 145—156.

48. Berry, G. A., Note on the relative visual acuity of fully corrected axial ametropia. Ophthalmol. Rev. 1886. S. 309.

49. — On the relation between visual acuity and visual efficiency. Transact. of the Ophthalmol. Soc. Bd. 13. 1893. S. 223.

50. — On the relation between visual acuity and visual efficiency. Transact. of the Ophthalmol. Soc. Un. K. Bd. 13. 1893. S. 223.

51. — The effect of accidentally diminished acuteness of vision on its efficiency. Ophthalmol. Rev. Bd. 23. 1904. S. 251—259.

52. — Eine neue Sehprobe. Sitzungsber. d. Brit. Med. Associat. in Leicester 1905 und Arch. f. Augenheilk. Bd. 54. 1906. S. 98.

53. — Mesure de l'acuité visuelle. Annal. d'Oculist. Bd. 136. 1907. S. 402.

54. Best, F., Über die Grenze der Erkennbarkeit von Lageunterschieden. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 51. 1900. S. 453.

55. — Über die Grenzen der Sehschärfe. Ber. d. ophthalmol. Ges. in Heidelberg. Bd. 28. 1901. S. 129—135.

56. Beykowsky, Sehschärfe und Refraktionsbestimmung für den Truppenarzt. Wien 1905.

57. Bjerke, K., Über die Veränderung der Refraktion und Sehschärfe nach Entfernung der Linse. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 53/3 1902. S. 511—550 und Bd. 55/2. 1903. S. 191.

58. — Die Verwendung photographisch verkleinerter Optotypen zur Bestimmung der Sehschärfe in der Nähe. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 55. 1902. S. 46—53.

59. Bjerrum, J., Untersuchungen über den Formen- und Lichtsinn. Dissert. Kopenhagen 1883.

60. — Untersuchungen über den Lichtsinn und den Raumsinn bei verschiedenen Augenkrankheiten. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 30/2. 1884. S. 201.

61. — Bemärkninger om formindskelse af synsstyrken samt kliniske iagttagelser angaaende forholdet mellem synstyrke, klarhedssans og farvesans. Nord. oftalmol. Tidsskr. Bd. 1. 1888. S. 95.

62. Black, N. M., Signalprobetafeln zur Bestimmung der Sehschärfe bei Eisenbahnbediensteten. Amer. Journ. of Ophthalmol. 1905.

63. Blanco, T., Relation entre l'acuité visuelle et le diamètre des éléments sensoriels de la rétine. (Soc. Ophthalmol. Hispano-Amér.) Annal. d' Oculist. Paris. Bd. 138. 1907. S. 298.

64. — Nueva escala universal de Optotipos. Ber. ü. d. 11. Internat. Kongr. f. Augenheilk. in Neapel. Arch. f. Augenheilk. Bd. 63. 1909. S. 327.

65. Bloch, Expériences sur la vision. Comptes rendus hebdomadaires de seánces et mémoires de la Société de Biologie. Ser. 8. Bd. 2. 1885. Paris (Masson). S. 493—495.

66. Bloock, N. M., Method of illuminating test-type charts wich artificial light. Ophthalmol. Record. Bd. 17. 1908. S. 217—235.

67. Bloom, S., und S. Garten, Vergleichende Untersuchung der Sehschärfe des hell- und des dunkel adaptierten Auges. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 72. 1898. S. 372—408.

68. Boerma, D., und K. Walther, Untersuchungen über die Abnahme der Sehschärfe im Alter. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 49/2. 1893. S. 71—82.

69. Boetcher, Geometrische Sehproben zur Bestimmung der Sehschärfe bei Funktionsprüfungen des Auges mit besonderer Berücksichtigung der Untersuchung Militärpflichtiger. Berlin 1870 (Peters).

70. Bois-Reymond, C. du, Zahl der Empfindungskreise in der Netzhautgrube. Dissert. Berlin 1881. 31 S.

71. — Seheinheit und kleinster Sehwinkel. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 32/3. 1886. S. 1.

72. Boltunow, A., Sehschärfe in farbigem Licht. Verh. d. physiol. Ges. zu Berlin 1907. Arch. f. Anat. u. Physiol., Physiol. Abt. 1907. S. 552—554.

73. — Über die Sehschärfe im farbigen Licht. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. II. Abt. Bd. 42. 1908. S. 359—372.

74. Bordier, H., Acuité visuelle des yeux amétropes. Acuité vraie et acuité apparente. Arch. d'Ophthalmol. Bd. 14. 1894. S. 355—371.

75. Borschke, A., Untersuchungen über die Herabsetzung der Sehschärfe durch Blendung. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. Bd. 34. 1904. S. 1.

76. — Über die Ursachen der Herabsetzung der Sehleistung durch Blendung. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. Bd. 35. 1904. S. 161.

77. Bostwick, A. E., On a means of determining the limits of distinct vision. Science Bd. 8. 1886. S. 232.

78. Bourgeois, Monotypes pour la détermination de l'acuité visuelle dans les expertises. La Clin. Ophthalmol. 1909. S. 581.

79. Brailey, On the test of vision best adapted for service at sea. Trans. Ophthalmol. Soc. U. K. Bd. 2. 1883. S. 184.

(80.) Breuer, Über den Einfluß des Maculapigments auf Farbengleichungen. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinne. Bd. 13. 1897. S. 464.

81. Broca, A., Variation de l'acuité visuelle avec l'azimut. Modification de la section droite des cônes par l'accommodation astigmatique. Compt. rend. de l'Acad. d. Sc. de Paris. Bd. 128. 1899. S. 450—453.

82. — Variation de l'acuité visuelle avec l'éclairage et l'adaptation. Mesure de la migration du pigment rétinien. Compt. rend. de l'Acad. d. Sc. de Paris. Bd. 132. 1901. S. 795—798.

83. — Causes rétiniennes de variation de l'acuité visuelle en lumière blanche. Journ. de Physiol. et Pathol. géneral. Bd. 3. 1901. S. 384—392.

84. Broca, A., et D. Sulzer, Inertie rétinienne rélative au sens des formes. Compt. rend. de l'Acad. des Sc. de Paris 1901.

85. — Inertie du sens visuel des formes. Étude des lumières brèves au point de vue de l'acuité visuelle. 1. mémoire: vision des traits noirs sur fond blanc. Journ. de Physiol. et Pathol. général. Bd. 5. 1903. S. 293.

86. Broca, A., et D. Sulzer, Les fonctions rétiniennes en fonctions du temps. Inertie du sens visuel des formes. Études des lumières tirées au point de vue de la vision des lettres. Annal. d'Oculist. Bd. 131. 1904. S. 279.

87. Brown, J. A., On the power of the eye and the microscope to see parallel lines. Proc. of the Roy. Soc. of London. Bd. 23. 1875. S. 522—532.

88. Brudzewski, Ch. de, L'influence de l'éclairage sur l'acuité visuelle pour les objets colorés. Arch. d'Ophthalmol. Bd. 18. 1898. S. 692—698.

89. Burchardt, M., Internationale Sehproben zur Bestimmung der Sehschärfe und Sehweite. Berliner klin. Wochenschr. 1869. Nr. 48. Ferner: Kassel, 1. Aufl. 1870, 4. Aufl. 1893 (Freyschmidt).

90. — Über hohe Grade von Sehschärfe. Deutsche militärärztl. Zeitschr. Bd. 2. 1873. Nr. 11 u. 12.

91. Burow, Beiträge zur Physiologie und Physik des menschlichen Auges. Berlin 1841. S. 38.

92. Buttmann, H., Untersuchungen über Sehschärfe. Dissert. Freiburg i. Br. 1896.

93. Butz, R., Vorläufige Mitteilungen über Untersuchungen der physiologischen Funktionen der Peripherie der Netzhaut. Arch. f. Anat. u. Physiol. Bd. 5. 1881. S. 437—445.

94. — Untersuchungen über die physiologischen Funktionen der Peripherie der Netzhaut. Dissert. Dorpat. 1883.

95. Bylsma R., Optotypie. Wochenschr. f. Ther. u. Hyg. d. Auges. 1902. S. 106.

96. Caley, H., and others. A discussion on visual tests. Brit. Med. Journ. Bd. 2. 1899. S. 766—770.

97. Carl, A., Über die Anwendung von Dezimalbrüchen zur Bestimmung der Sehschärfe. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. 1889. S. 469—472.

98. — Ein Apparat zur Prüfung der Sehschärfe. Arch. f. Augenheilk. Bd. 24. 1891. S. 41.

99. Carp, E., Über die Abnahme der Sehschärfe bei abnehmender Beleuchtung nebst Mitteilung einer neuen Methode, den Lichtsinn zu messen. Dissert. Marburg. 1876.

100. Carra, P., La marine et l'acuité visuelle. Rec. d'Ophthalmol. Bd. 25. 1903. S. 629.

101. Carter, R. B., Acuteness of vision. Med. Tim. and Gaz. Bd. 1. 1885. S. 461.

102. — The cultivation of distant vision. Lancet 1901.

103. Carter, R. B., and G. A. Berry, Civilisation and eyesight. Nature. Bd. 31. 1885. S. 386—388.

104. Carveras - Arago, Examen y mejora de la vision, seguido de una serie de cuadros sinopticos y de unas tablas y escalas visuales cromaticas. Barcelona 1880.

105. Charpentier, A., De la vision avec les diverses parties de la rétine. Arch. de Physiol. Bd. 9. 1877. S. 894—945.

106. — De la vision avec les diverses parties de la rétine. Thèse. Paris 1879.

107. Charpentier, A., Sur la sensibilité différentielle de l'oeil pour de petites surfaces. Compt. rend. de l'Acad. des Sc. de Paris. 24 juillet 1880.
108. — Sur la limite de petitesse des objets visibles. Rev. méd. de l'Est. 1880.
109. — Recherches sur la distinction des points lumineux. Arch. d'Ophthalmol. 1882. S. 382.
110. — Nouvelles recherches sur la sensibilité de la rétine. Arch. d'Ophthalmol. Bd. 2. 1882. S. 234.
111. — Expériences relatives à l'influence de l'éclairage sur l'acuité visuelle. Arch. d'Ophthalmol. Bd. 3. 1883. S. 397.
112. — La perception des couleurs et la perception de formes. Compt. rend. de l'Acad. des Sc. de Paris. Bd. 96. 1883. S. 858 u. 1079.
113. — Recherches sur la distinction des points noirs sur fond blanc. Arch. d'Ophthalmol. 1884. S. 193.
114. — Acuité visuelle et dynamogénie. Compt. rend. de la Soc. de Biol. Bd. 5. 1888.
115. Chauvel, Acuité visuelle des astigmates. Rec. d'Ophthalmol. 1895. S. 10.
116. Clark, J. W., Civilisation and eyesight. Nature. Bd. 31. 1885. S. 433—434.
117. Cohn, H., Die Sehschärfe von 244 Augen. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 17/2. 1871. S. 324.
118. — Untersuchungen der Sehschärfe in der Jugend und im Alter. Jahresber. d. schles. Ges. 1874.
119. — Vergleichende Messungen der Sehschärfe und des Farbensinnes bei Tages-, Gas- und elektrischem Licht. Arch. f. Augenheilk. Bd. 8. 1879. S. 408.
120. — Sehschärfe und Farbensinn der Nubier. Zentralbl. f. prakt. Augenheilk. Bd. 3. 1879. S. 197—200.
121. — Sehschärfe und Farbensinn bei elektrischem Lichte. Zentralbl. f. prakt. Augenheilk. Bd. 3. 1879. S. 105—107.
122. — Untersuchungen über die Sehschärfe bei abnehmender Beleuchtung. Sitzungsber. d. schles. Ges. 1883.
123. — Das Auge und die künstliche Beleuchtung. Ber. d. hyg. Kongresses in Berlin 1883.
124. — Untersuchungen über die Sehschärfe bei abnehmender Beleuchtung. Arch. f. Augenheilk. Bd. 13/2. 1884. S. 223.
125. — Über Sehschärfe bei photometriertem Tageslicht und den Polarisations-episkotister. Ber. ü. d. 18. Vers. d. ophthalmol. Ges. in Heidelberg 1886. S. 2. — Ärztl. Intelligenzbl. München. Bd. 33. 1886. S. 586. — Tagbl. d. 59. Naturforscherversamml. in Berlin 1886. S. 2.
126. — Tafel zur Prüfung der Sehschärfe der Schulkinder, Soldaten und Bahnbeamten. 1. Aufl. Breslau 1886. 6. Aufl. Breslau 1898 (Priebatsch).
127. — Tarnsparente Sehproben. Berliner klin. Wochenschr. 1893. Nr. 47.
128. — Transparente Sehproben. Mit Erklärung in deutscher, englischer und französischer Sprache. Wien 1894 (Deuticke).
129. — Über die Abnahme der Sehschärfe im Alter. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 40/1. 1894. S. 326—336.

130. Cohn, H., Einige Vorversuche über die Abhängigkeit der Sehschärfe von der Helligkeit. Beitr. z. Augenheilk. Festschr. f. R. Förster. Arch. f. Augenheilk., Bd. 31. Ergänzungsh. 1895. S. 195—209.
131. — Die Sehleistungen der Helgoländer und der auf Helgoland stationierten Mannschaften der k. Marine. Deutsche Med. Wochenschr. Jahrg. 1896. Nr. 43. 11 S.
132. — Verbesserte Täfelchen zur Prüfung der Sehleistung und Sehschärfe. Wochenschr. f. Ther. u. Hyg. d. Auges. 1897. Nr. 1.
133. — Täfelchen zur Prüfung der Sehleistung und Sehschärfe. Drehscheibe. 7. Aufl. Breslau 1898 (Priebatsch).
134. — Untersuchungen über die Sehleistungen der Ägypter. Berliner klin. Wochenschr. 1898. Nr. 20. S. 453.
135. — Die Sehschärfe der Naturvölker und der Deutschen. Gartenlaube. 1898. Nr. 38. S. 636—641.
136. — Sehproben auf Porzellanplatten. Berliner klin. Wochenschr. 1899. Nr. 27.
137. — Die Sehleistung von 50.000 Breslauer Schulkindern. Nebst Anleitung zu ähnlichen Untersuchungen für Ärzte und Lehrer. Breslau 1899 (Schottländer). 148 S.
138. Cole, L. G., An experimental study of the image-forming powers of various types of eyes. Proc. Amer. Acad. of Arts and Sc. Bd. 42. 1907. S. 335 bis 417.
139. Colombo, G., Nuovo contributo sperimentato allo studio dei rapporti fra l'angolo visuale e la luce. Bull. delle Sc. Med. Bologna. Bd. 72/2. 1902.
140. Cowell, G., Test-types for determining the acuteness of vision, after, but sligthly smaller than those of Dr. H. Snellen. London 1870.
141. Csaspodi, Sehproben. Zsemészet. 1886. S. 125.
142. — Eine neue Einheit der Sehschärfebestimmung. Ber. ü. d. 16. Internat. med. Kongr. z. Budapest 1909. Arch. f. Augenheilk. Bd. 65. 1910. S. 247.
143. Cuevas, J. de las, Nécessité de l'unification des échelles optométriques. Ber. am internat. Kongr. d. med. Wissensch. Madrid 1903.
144. Culver, C. M., Test-types. Albany med. Ann. Bd. 10. 1889. S. 321.
145. — Abnormally acute vision. Ophthalmol. Record. 1899.
146. — Abnormally acute vision. Ophthalmol. Record. 1900. Bd. 9. S. 18—21.
147. Curtis, H. D., On the limits of unaided vision. Science. N. S. Bd. 17. 1903. S. 1010—1011.

148. Dehenne, A., De l'acuité visuelle au point de vue medico-légal. Clin. Ophthalmol. Bd. 7. 1901. S. 27.
149. — Mesure de l'acuité visuelle au point de vue des accidents du travail et de l'aptitude aux emplois publics. Clin. Ophthalmol. Bd. 15. 1909. S. 525—541.
150. Dennet, W. S., Test-type for popular use. Ophthalmol. Rev. 1886. S. 254
151. — A new test-type. Amer. Journ. of Ophthalmol. 1886. S. 259.

152. Depène, R., Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß seitlicher Blendung auf die zentrale Sehschärfe. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Bd. 38. 1900. S. 289—307 u. 390—399.
153. Derby, H., On the necessity of employing greater accuracy in ascertaining and expressing the degree of acuteness of vision. Transact. of the Amer. Ophthalmol. Soc. New York 1866.
154. Despagnet, L'acuité visuelle et la faculté chromatique chez les agents du service actif des chemins de fer. Rec. d'Ophthalmol. Bd. 22. 1900. S. 460—466.
155. Dimmer, F., Probetafel. St. Gallen (C. F. Hausmanns Sanitätsgeschäft).
(156.) — Die Macula lutea der menschlichen Netzhaut und die durch sie bedingten entoptischen Erscheinungen. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 65. 1907. S. 486—544.
157. Dobrowolsky, W., und A. Gaine, Über die Sehschärfe (Formsinn) an der Peripherie der Netzhaut. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 12. 1876. S. 411—432.
158. Dodge, R., An experimental study of visual fixation. Psychol. Review. Monogr. Suppl. Bd. 8/4. 1907.
159. Doerinckel, W., Über die Abnahme der Sehschärfe bei abnehmender Beleuchtung. Dissert. Marburg 1876.
160. Dohnberg, Sehproben nach metrischem System zur Bestimmung der Sehschärfe. Petersburg 1892.
161. Donders, F. C., Sehschärfe. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 9/2. 1863. S. 220.
162. — On the anomalies of accommodation and refraction of the eye. London 1864. 194 S.
163. — Die Anomalien der Refraktion und Akkommodation des Auges. Deutsch von O. Becker. Wien 1866.
164. — Prakt. Opmerkingen over den inlvued van hueplenzen op de gezigtsscherpte. Versl. van het Nederl. Gasth. v. Oogl. Bd. 13. 1872. S. 113. Deutsch: Arch. f. Ophthalmol. Bd. 18/2. 1872. S. 244.
165. Donders und de Haan, Onderzoekingen naar den invloed van den leeftijd op de gezigtsscherpte. Dissert. Utrecht 1862.
166. Dor, H., Kurze Anleitung zur Untersuchung der Sehschärfe. Bern 1870 (Fiala).
167. Druif, Refraction. A simple and concise treatise on practic sight-testing. London 1903 (Klimpton).
168. Durand, S., Détermination du minimum perceptible et de la durée de la perception lumineuse chez les personnes dont la vue est affaiblie Compt. rend. de l'Acad. des Sc. de Paris. Bd. 137. 1903. S. 1280—1282.

169. Ebner, Ein transportabler Apparat zur Beleuchtung transparenter Sehproben und zum Augenspiegeln nebst Bemerkungen zur Prüfung der Sehschärfe. Münchener med. Wochenschr. 1898. S. 1242.
170. Emmert, E., Veränderte Sehschärfe bei Druck aufs Auge. Arch. f. Augen- u. Ohrenheilk. Bd. 5. 1876. S. 400.

171. Ermolli, Concetto fondamentale e vantaggi del nuovo optotipo del Prof. E. Landolt per la determinazione dell' acutezza visiva. Annal. di Ottalmol. Bd. 29. 1900. S. 310.
172. Ewing, E. A., Visual tests for children. Amer. Journ. of Ophthalmol. Bd. 19. 1902. S. 33—37.
173. — Universal test characters, particularly applicable as visual tests for children. St. Louis 1902 (Nixon Jones).
174. Exner, S., Ein Versuch über die Netzhautperipherie als Organ zur Wahrnehmung von Bewegungen. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 38. 1886. S. 217 bis 218.
175. — Studien auf dem Grenzgebiete des lokalisierten Sehens. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 73. 1898. S. 117—171.
176. — Vergleichend-physiologische Untersuchungen über die Sehschärfe. Ber. d. 7. Internat. Physiol. Kongr. z. Heidelberg. Zentralbl. f. Physiol. Bd. 21. 1907. S. 500—501.

177. Fehlinger, Sehschärfe und Farbensinn bei farbigen Rassen. Naturwissenschaftl. Wochenschr. Bd. 24. 1909. S. 424—428.
178. Feilchenfeld, H., Über die Bildgröße ebener Reizflächen auf der Netzhaut. Zentralbl. f. prakt. Augenheilk. Bd. 27. 1903. S. 325.
179. — Über die Sehschärfe im Flimmerlicht. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. Bd. 35. 1904. S. 1—7.
180. — Obligatorische Sehprüfung von Chauffeuren. Deutsche med. Wochenschrift. Bd. 33. 1907. S. 1009—1010.
181. Fergus, A. F., Average visual acuteness. Lancet. 1903. S. 1580.
182. — Acuité visuelle moyenne. Annal. d'Oculist. Bd. 131. 1904. S. 129.
183. Fick, A. E., Dioptrik und Nebenapparate des Auges. Hermanns Handb. d. Physiol. Bd. III. T. 1. Leipzig 1879. S. 1—138.
184. — Stäbchensehschärfe und Zapfensehschärfe. Verh. d. Schweiz. Naturf.-Ges. Bd. 79. 1896. S. 182.
185. — (Nach Versuchen von F. Koester). Über Stäbchensehschärfe und Zapfensehschärfe. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 45/2. 1898. S. 336—356.
186. Fisch, M., Die Norm der Sehschärfe bei den Eisenbahnbeamten in Rußland und die Methoden der Bestimmung der Sehschärfe. Westn. Ophthalmol. 1910.
187. Fleischl, E. v., Physiologisch-optische Notizen. IV. Mitteilung. Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wissensch. Bd. 86/3. 1882.
188. — Die Verteilung der Sehnervenfasern über die Zapfen der menschlichen Netzhaut. Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wissensch. Bd. 87/3. 1883.
189. — Zur Physiologie der Retina. Wiener med. Wochenschr. 1884. Nr. 10 u. 11.
190. Fortin, E. P., Essai sur la physiologie de la fovea centralis. Arch. d'Ophthalmol. Bd. 27. 1906. S. 633.
191. Foster, M. L., A new set of Snellens test cards. N. Y. Med. Journ. Bd. 65. 1897. S. 823.

192. Fridenberg, P., A stigmometric card test for illiterates. Arch. of Ophthalmol. Bd. 39. 1910.
193. Fritsch, G., Über Bau und Bedeutung der Area centralis des Menschen. Ber. ü. d. 8. Internat. Physiologenkongr. z. Wien 1910. Zentralbl. f. Physiol. Bd. 24. 1911. S. 796—797.
194. Fromaget, C., et H. Bordier, Etudes sur l'acuité visuelle et l'amplitude d'accomodation. Arch. d'Ophthalmol. Bd. 17. 1897. S. 601—615.
195. Fuchs, E., Lehrbuch der Augenheilkunde. Sehschärfe. S. 781—786. 10. Aufl. Leipzig u. Wien 1905 (Deuticke). 939 S.
196. Fukula, V., Über die Verbesserung der Sehschärfe bei höchstgradig myopisch gewesenen Aphakischen. Arch. f. Augenheilk. Bd. 24. 1892. S. 161—168.
197. — Zur Verbesserung der Sehschärfe nach Myopieoperationen. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 43. 1897. S. 206—217.
198. Funke, O., Zur Lehre von den Empfindungskreisen der Netzhaut. Ber. d. naturf. Ges. z. Freiburg i. Br. Bd. III/2. 1864. S. 89—116.
199. Fürst, Quelques remarques concernant les épreuves internationales de M. Burchhardt. Annal. d'Oculist. Bd. 66. 1871. S. 36.

200. Galezowski, Échelles portatives des caractères des couleurs pour mesurer l'acuité visuelle. Paris 1880 (Baillière).
201. — Échelles optométriques et chromatiques pour mesurer l'acuité de la vision, les limites du champ visuel et la faculté chromatique. Paris 1883.
202. Garten, S., Antwort auf die Bemerkung des Herrn Prof. Nagel usw. Arch. f. Augenheilk. Bd. 44. 1901. S. 358.
203. Gempak, J., Snellens Lettertafeln im Japanischen. Utrecht 1873.
204. Gertz, H., Ein Versuch über das direkte Sehen. Skandinav. Arch. f. Physiol. Bd. 20. 1908. S. 357.
205. Gesang, Transparenter Sehproben- zugleich Simulationsentlarvungsapparat. Ber. d. ophthalmol. Ges. in Wien. Arch. f. Augenheilk. Bd. 61. 1908. S. 315 und Wiener med. Wochenschr. Bd. 58. 1908.
206. Ginestons, E., et H. Coullaud, La vision des tireurs. Arch. d'Ophthalmol. Bd. 26. 1906. S. 283—315.
207. Giraud-Teulon, Échelle régulièrement progressive, destinée à servir à la mesure exacte des différents degrés de netteté et d'étendue de la vue distincte. Paris 1863.
208. — L'acuité visuelle, de ses éléments et de leur mesure. Annal. d'Oculist. Bd. 81. 1879. S. 215.
(209.) Golant Raissa, Über das Licht der Nernstlampen und seine Verwendung zu physiologisch-optischen Zwecken. Zeitschr. f. Sinnesphysiol. Bd. 43. 1908. S. 69.
210. Gould, G., Test cards with black background and white letters. Annal. of Ophthalmol. Bd. 6. 1897. S. 6.

211. Graziani, A., I metodi di Cohn per la rapida determinazione in massa della acutezza visiva e del senso dei colori negli scolari. Pubbl. Ist. Igiene. Bd. 4. 1908. S. 11.
212. Green, J., On a new series of test-letters for determining the acuteness of vision. Transact. of the Amer. Ophthalmol. Soc. Bd. 4. u. 5. 1869. S. 68.
213. Green, J., and E. Ewing, Test letters. St. Louis 1886.
214. Groenouw. Über die Sehschärfe der Netzhautperipherie und eine neue Untersuchungsmethode derselben. Arch. f. Augenheilk. Bd. 26. 1893. S. 85—133.
215. — Acuité visuelle à la périphérie de la rétine. Nouvelle méthode pour la déterminer. Arch. of Ophthalmol. Bd. 22. 1894. S. 502.
216. Groddeck, G., Über den Zusammenhang von Seschärfe und Zirkulation. Wiener med. Presse. Bd. 45. 1904. S. 1845—1851.
217. Gryns, G., und A. H. Noyons, Die absolute Empfindlichkeit des menschlichen Auges für Licht. Ned. Tydschr. vor Geneesk. Bd. 2. 1904.
218. Guillery, H., Ein Vorschlag zur Vereinfachung der Sehproben. Arch. f. Augenheilk. Bd. 23. S. 323-333. 1891.
219. — Sehproben zur Bestimmung der Sehschärfe. Wiesbaden 1891. (Bergmann.)
220. — Nochmals meine Sehproben. Arch. f. Augenheilk. Bd. 26. 1893. S. 80—84.
221. — Zur Sehschärfebestimmung. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Bd. 31. 1893. S. 263.
222. — Einiges über den Formensinn. Arch. f. Augenheilk. Bd. 28. 1894. S. 263 bis 276.
223. — Über die räumlichen Beziehungen zwischen Licht- und Farbensinn. Arch. f. Augenheilk. Bd. 31. 1895. S. 204—222.
224. — Über das Augenmaß der seitlichen Netzhautteile. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. Bd. 10. 1896. S. 83—98.
225. — Vergleichende Untersuchungen über Raum-, Licht- und Farbensinn im Zentrum und Peripherie der Netzhaut. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. Bd. 12. 1896. S. 143.
226. — Weitere Untersuchungen über den Lichtsinn. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. Bd. 13. 1897. S. 120.
227. — Begriff und Messung der zentralen Sehschärfe auf physiologischer Grundlage. Arch. f. Augenheilk. Bd. 35. 1897. S. 35—58.
228. — Zur Physiologie des Netzhautzentrums. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 66. 1897. S. 401—438.
229. — Über die Empfindungskreise der Netzhaut. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 68. 1897. S. 120—143.
230. — Bemerkungen über Raum- und Lichtsinn. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. Bd. 16. 1898. S. 264—274.
231. — Bemerkungen über zentrale Sehschärfe. Arch. f. Augenheilk. Bd. 37. 1898. S. 153—159.
232. — Messende Versuche über den Formensinn. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 75. 1899. S. 466—522.

233. Guillery, H., Bemerkungen über Sehschärfe und Schießausbildung. Deutsche militär-ärztl. Zeitschr. 1899.
234. — Praktische Erfahrungen und Sehprüfungen. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Bd. 38. 1900. S. 546—550.
235. — Tabelle zu meinen Sehproben. Arch. f. Augenheilk. Bd. 44. 1901. S. 242—244.
236. — Weitere Untersuchungen zur Physiologie des Formensinns. Arch. f. Augenheilk. Bd. 51. 1905. S. 209—226.
237. — Zur Erörterung der Sehschärfeprüfung. Arch. f. Augenheilk. Bd. 53. 1905. S. 148—159.
238. — Kritische Bemerkungen zu einigen neueren Arbeiten über die Sehschärfeprüfung. Arch. f. Augenheilk. Bd. 57. 1907. S. 1—8.
239. — Messende Versuche über die Schnelligkeit der Formenwahrnehmung. Arch. f. Augenheilk. Bd. 62. 1908. S. 227—232.
240. Guilloz, Th., Sur les pricipes auxquels doivent satisfaire les photomètres à acuité visuelle. (Réun. biol. Nancy.) Compt. rend. de la Soc. de Biol. Paris. Bd. 67. 1909. S. 63—65.
241. — Nouveau photomètre a acuité visuelle. (Réun. biol. Nancy.) Compt. rend. de la Soc. de Biol. Paris. Bd. 67. 1909. S. 65—67.
242. Gullstrand, A., Om Samtidig Bestämning af Refraction och Synskärpan. Nord. Med. Arch. Bd. 23. 1891. S. 9.
(243.) — Zur Makulafrage. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 66. 1907. S. 141—188.
244. Guppy, H., Civilisation and eyesight. Nature. Bd. 31. 1885. S. 503—504.

245. Hamburger, C., Über die einfachste Methode der Sehprüfung bei Lernanfängern. Zeitschr. f. Schulges.-Pflege. Bd. 17. 1904. S. 486—490.
246. Heimann, E., Internationale Sehprobentafel für Kinder. 1. Aufl. 1901. 2. Aufl. 1906. Berlin (Fischer).
247. Heine, L., Sehschärfe und Tiefenwahrnehmung. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 51. 1900. S. 146—173.
248. — Eine neue Zahlentafel. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. 1902. S. 335.
(249.) Heinrich, W., und L. Christek, Über das periodische Verschwinden kleiner Punkte. Zeitschr. f. Sinnesphysiol. Bd. 41. 1906. S. 59.
250. Heller, T., Prüfungen der Lage des Punctum proximum des Auges zu verschiedenen Tageszeiten, bei verschiedener Beleuchtung und nach Alkoholgenuß. Dissert. Halle 1904.
251. Helmholtz, H. v., Handbuch der physiologischen Optik.
   a) 1. Aufl. 1856—1866, in „Allgem. Enzyklopädie d. Physik, herausgegeben von G. Karsten, Bd. IX.
   b) 2. Aufl. 1885—1896; mit Literaturübersicht von Dr. Arthur König. Hamburg und Leipzig 1896 (L. Voss). 1334 S.
   c) 3. Aufl. ergänzt und herausgegeben von A. Gullstrand, J. v. Kries und W. Nagel.
   I. Bd. Einleitung (Nagel), Die Dioptrik des Auges (Gullstrand). 1909. 376 S.

II. Bd. Die Lehre von den Gesichtsempfindungen (Nagel u. v. Kries). 1911. 391 S.
III. Bd. Die Lehre von den Gesichtswahrnehmungen (v. Kries). 1910. 564 S.
Hamburg und Leipzig (L. Voss).

252. Henins, K., Die Abhängigkeit der Lichtempfindlichkeit von der Flächengröße des Reizobjekts unter den Bedingungen des Tagessehens und des Dämmerungssehens. Zeitschr. f. Sinnesphysiol. Bd. 43. 1908. S. 99.

253. Hensen, V., Über eine Einrichtung der Fovea centralis, welche bezweckt, daß feinere Distanzen als solche, die dem Durchmesser eines Zapfens entsprechen, noch unterschieden werden können. Arch. f. pathol. Anat. Bd. 34/3. 1865. S. 401.

254. — Über das Sehen in der Fovea centralis. Arch. f. pathol. Anat. Bd. 39. 1867. S. 475.

(255.) Hering, E., Über Irradiation. L. Hermann, Handb. d. Physiol. Bd. 3/2. 1880. S. 440—448. Leipzig (F. Vogel).

256. — Über Holmgrens vermeintlichen Nachweis der Elementarempfindungen des Gesichtssinns. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 40. 1887. S. 1—20.

(257.) — Über angebliche Blaublindheit der Zapfen-Sehzellen. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 61. 1895. S. 106—112.

258. — Über die Grenzen der Sehschärfe. Ber. ü. d. Verhandl. d. k. sächs. Ges. d. Wissenschaften z. Leipzig. Math.-Phys. Klasse. III. Naturw. Teil. Bd. 51. Leipzig 1899. S. 16—24.

259. — Grundzüge der Lehre vom Lichtsinn. Graefe-Saemisch, Handb. d. Augenheilk. I. T. 12. Kap. 1.—3. Lief. Leipzig 1905—1911. S. 1—240.

260. Herzenstein, U., Die Sehschärfe bei 27.672 Soldaten des Charkowschen Militärbezirks. Zentralbl. f. prakt. Augenheilk. Bd. 5. 1881. S. 3—7.

261. Hess, C., Die Anomalien der Refraktion und Akkommodation des Auges mit einleitender Darstellung der Dioptrik des Auges. Graefe-Saemisch, Handb. d. ges. Augenheilk. 2. Aufl. Bd. 8/2. Leipzig 1903. 523 S.

262. — Über einheitliche Bestimmung und Bezeichnung der Sehschärfe. Arch. f. Augenheilk. Bd. 63. S. 239—257. 1909.

263. — Über einheitliche Bestimmung und Bezeichnung der Sehschärfe. Kommissionsber. Ber. ü. d. 11. Internat. Kongr. f. Augenheilk. i. Neapel. Arch. f. Augenheilk. Bd. 63. 1909. S. 325.

264. — Internationale Sehproben. Unter Verwendung der Landoltschen Ringe hergestellt. 2 Taf. und 3 S. Text. Wiesbaden 1909 (Bergmann).

265. — Die Refraktion und Akkommodation des menschlichen Auges und ihre Anomalien. Graefe-Saemisch, Handb. d. ges. Augenheilk. 3. Aufl. Bd. 8/2. Leipzig 1910. 618 S.

266. Heymann, Astigmatismustafeln nach Dr. Pray. 2 Taf. u. Text. Leipzig 1870.

267. Hilbert, R., Über das exzentrische Sehen. Physik.-ökon. Ges. z. Königsberg. Bd. 24. 1883.

268. Hill, E., Far-sightedness. Nature. Bd. 31. 1885. S. 553.

269. Hillemanns, M., Über Sehprüfung bei künstlicher Beleuchtung und Lichtsinnstörung, besonders bei Myopie. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Bd. 47. N. F. Bd. 8. 1909. S. 302—318, 382—410, 533—537.

270. Hippisley, J., Far-sightedness. Nature. Bd. 31. 1885. S. 553.

271. Hirschberg, J., Historisch-kritische Notiz zur Lehre vom kleinsten Gesichtswinkel. Verh. d. Berliner Physiol. Ges. v. 12. Jänner 1877. — Ophthalmol. Hospit. Rep. Bd. 9/1. 1877. S. 16—21.

272. — Über graphische Darstellung der Netzhautfunktion. Arch. f. Anat. u. Physiol. Bd. 2. 1878. S. 324—331.

273. — Zur Geschichte der Sehproben. Zentralbl. f. prakt. Augenheilk. Bd. 18. 1894. S. 320.

274. Hochheim, K., Refraktion und Sehschärfe in den verschiedenen Lebensaltern. Dissert. Göttingen 1900.

275. Hofmann, F. B., Raumsinn des Auges. Augenbewegungen. R. Tigerstedts Handb. der physiologischen Methodik. Bd. 3/2. Sinnesphysiologie II. Leipzig 1909 (Hirzel). S. 100—224.

276. Holden, W. A., Die Prüfung des Lichtsinns in der Peripherie der Retina zu diagnostischen Zwecken. (Ref.) Arch. f. Augenheilk. Bd. 30. 1895. S. 57—61.

277. Hondart, Sur l'utilité de connaître de bonne heure l'acuité visuelle restant après les accidents du travail interéssant les yeux. Manière de l'obtenir. Rec. d'Ophthalmol. Bd. 28. 1907. S. 713.

278. Hoppe, Zwei Appararte zur Sehschärfenprüfung. Münchener med. Wochenschrift. Bd. 53. 1906. S. 705—706.

279. — Apparat zur Bestimmung der Sehschärfe in der Ferne (Optometer „F"). — Apparat zur Bestimmung der Sehschärfe in der Nähe (Optometer „N"). — Ber. ü. d. 17. Vers. rhein.-westfäl. Augenärzte. Klin.Monatsbl. f. Augenheilk. N. F. Bd. 2. 1906. S. 138—139.

280. Horstmann, C., Anleitung zur Bestimmung der zentralen Sehschärfe, Refraktion und Akkommodation. Reichsmedizinalkalender f. 1904.

281. Hueck, Über die Grenzen des Sehvermögens. J. Müllers Arch. f. Anat. u. Physiol. 1840. S. 82.

282. Hummelsheim, E., Über den Einfluß der Pupillenweite auf die Sehschärfe bei verschiedener Intensität der Beleuchtung. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 45. 1898. S. 357—373.

283. — Zentrale Sehschärfe und periphere Helligkeit. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Bd. 38. 1900. S. 690—692.

284. — Zentrale Sehschärfe und periphere Helligkeit. Ber. d. Vers. d. ophthalmol. Ges. 1901. S. 137—144.

285. Ilen, A., Über die Sehschärfe und Intensität der Lichtempfindung auf der Peripherie der Netzhaut. Dissert. Militärärztl. Journ. Petersburg. Juniheft 1875.

286. Imbert, De l'acuité visuelle. Gaz. hebdom. de sc. méd. de Montpellier. Bd. 10. 1888. S. 217.

287. Jarkson. Test for visual acuteness; their illumination and the standard of normal vision. Journ. Amer. med. Assoc. 1891.
288. Jäger, R. v. Jaxthal, E., Schriftskalen. 1. Aufl. Wien 1854. 8. Aufl. Wien 1887. Ausgaben: deutsch, englisch, französisch, italienisch, spanisch, portugiesisch, russisch, polnisch, griechisch, hebräisch.
289. — Schriftskalen. Taschenformat 1865. Deutsch, englisch, französisch.
290. Javal, E., Transparente Sehproben. Congrès Londres 1873.
291. — Mesure de l'acuité visuelle en tenant compte de l'éclairage. Gaz. hebdom. 1877. S. 389.
292. — Essai sur la physiologie de la lecture. Cap. 5. Influence de l'eclairage sur l'acuité visuelle. Annal. d'Oculist. 1879.
293. — Acuité visuelle. Gaz. des hôpit. 1880. S. 221.
294. — Über die Messung der Sehschärfe. Franz. Ges. d. Augenheilk. 11. Sitzung z. Paris. 1893.
295. — Réforme de la notation de l'acuité visuelle. XIII. Congr. internat. des Sc. méd. Paris 1899. Sect. d'Ophthalmol. Ber. 1900. S. 363.
296. — Acuité visuelle. Soc. d'Ophthalmol. de Paris. 1902.
297. Jeffries, Sehschärfe. Klin. Monatsbl. Bd. 10. 1872. S. 113.
298. Jocq, Acuité visuelle et accidents du travail. La Clin. Ophthalmol. 1907. Nr. 8.

299. Karvezki, A., Du rapport entre l'intensité de l'éclairage et l'acuité visuelle. Dissert. (Russisch.) St. Petersburg 1892.
300. Katz, Zur Frage von dem Einflusse des Alters auf die Sehschärfe. Westnik ophthalmol. Bd. 13/6. 1896. S. 487
301. Kern, B. und R. Scholz, Sehprobentafeln. 1. Aufl. 1904. 2. Aufl. 1906. Berlin (Hirschwald).
302. Kirschmann, A., Über die Erkennbarkeit geometrischer Figuren und Schriftzeichen im indirekten Sehen. Arch. f. d. ges. Psychol. Bd. 13. 1908. S. 352—388.
303. Klein, N. Th., De l'influence de l'éclairage sur l'acuité visuelle. Paris 1872 (Masson). Auszug im Journ. de l'Anat. et Physiol. Bd. 3. 1873. S. 317 bis 325.
304. Koester, F., Über Stäbchen- und Zapfensehschärfe. Zentralbl. f. Physiol. Bd. 10. S. 433—436. 1896.
305. Knapp, Über den Einfluß der Brillen auf die optischen Konstanten und die Sehschärfe des Auges. Arch. f. Augenheilk. Bd. 1. 1870. S. 152.
306. Kolbe, B., Über den Einfluß der relativen Helligkeit und der Farbe des Papiers auf die Sehschärfe. (Russisch.) Chodins Westn. Ophthalmol. Bd. 2. 1885. S. 289. — Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 37. 1885. S. 562—581.
307. Köllner, H., Über die Beziehungen zwischen den Störungen des Farbensinns und der Sehschärfe bei Sehnervenerkrankung. (Ber. d. Berliner ophthalmol. Ges.) Med. Klinik. Bd. 4. 1908. S. 1401. — Berliner klin. Wochenschr. Bd. 45. 1908. S. 1863. — Zentralbl. f. Augenheilk. Bd. 32. 1908. S. 230.

308. Komoto, Über ein Verfahren zur Verbesserung der Sehschärfe albinotischer Augen. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. N. F. Bd. 3. 1907. S. 534—536.
309. — On a method for improving acuity of albinotic eyes. Amer. Journ. of Ophthalmol. Bd. 24. 1907. S. 234—236.
310. König, A., Über die Beziehungen zwischen der Sehschärfe und der Beleuchtungsintensität. Verhandl. d. physik. Ges. in Berlin 1885.
311. — Über den Gesichtssinn der Zulukaffern. Verhandl. d. physik. Ges. z. Berlin. Bd. 4. 1885. S. 15—17.
312. — Über die Abhängigkeit der Sehschärfe von der Lichtintensität bei spektraler Beleuchtung. Verhandl. d. physik. Ges. z. Berlin. Bd. 8. 1889. S. 9—12.
313. — Die Abhängigkeit der Sehschärfe von der Beleuchtungsintensität. Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. in Berlin. 1897. S. 559—575.
314. Königshöfer, O., Das Distinktionsvermögen der peripheren Teile der Netzhaut. Erlangen 1876.
(315.) Koster Gzn., W., Untersuchungen zur Lehre vom Farbensinn. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 11. 1895. S. 4.
316. — Über die Bestimmung der Sehschärfe nach den Methoden von Landolt und von Guillery. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 64. 1906. S. 128—140.
317. — Neue Sehproben. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 64. 1906. S. 543—579.
318. — Optotypen zur Bestimmung des Visus bei Myopie im Punctum remotum. Ned. Tydschr. v. Geneesk. Bd. 1. 1904.
319. Kries, J. v., Über die Abhängigkeit zentraler und peripherer Sehschärfe von der Lichtstärke. Zentralbl. f. Physiol. Bd. 8. 1894. S. 694—697.
320. — Die Gesichtsempfindungen. W. Nagel, Handb. d. Physiol. d. Menschen. Bd. 3. 1905. S. 109—282.
321. Krükow, A., Leseproben und Tabellen zur Untersuchung der Sehschärfe. Moskau 1892. 2. Aufl.
322. Küchler, H., Schriftnummerprobe für Gesichtsleidende. Darmstadt 1843.
323. Kugel, L., Über die Sehschärfe bei Astigmatismus. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 11/1. 1865. S. 106.

324. Laan, Inaug.-Dissert. Utrecht 1901.
325. Laan und Pickemas, Versl. Nederl. Gasthuis voor Ooglid 1897. Nr. 38 und Snellen's Bowman lecture 1896. S. 153.
326. Ladd-Franklin, Chr., und A. Guttmann, Über das Sehen durch Schleier. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. Bd. 31. 1903. S. 248.
327. Lagrange et Valude, Encyclopedie Française d'Ophthalmologie. Tome III. Optique géométrique, physique, physiologique. Réfraction. Paris 1904.
328. Landolt, E., Über das Verhältnis des Formsinns zum Farbensinne im Zentrum und in exzentrischen Teilen der Netzhaut. Zentralbl. f. prakt. Augenheilk. Bd. 1. 1877. S. 222—223.
329. — Des rapports, qui existent entre l'acuité visuelle et la perception des couleurs au centre et aux parties excentriques de la rétine. Gaz. méd. de Paris. Nr. 31. 1877. S. 378—380.

330. Landolt, E., Les fonctions rétiniennes. Arch. d'Ophthalmol. Bd. 1. 1881. S. 193.
331. — Opto-types simples. Soc. française d'Ophthalmol. S. 213 u. 465.
332. — Opto-types simples. Paris 1889 (Doin).
333. — Tableau pour la détermination de l'acuité visuelle. Soc. franç. d'Ophthalmol. 1889. S. 157.
334. — Planche d'objets types en verre émaillé. 1889.
335. — Nouveaux opto-types pour la détermination de l'acuité visuelle. Arch. d'Ophthalmol. Bd. 19. 1899. S. 465—471.
336. — Test-types for the déterminations of acuteness of vision. Brit. med. Journ. 1899.
337. — Sehproben. Tafel und Taschenformat. Reduzierte Tafel von Dr. Landolts Sehproben. (C. F. Hausmanns Sanitätsgeschäft, St. Gallen, Schweiz.)
338. — Le tableau réduit des opto-types. Arch. d'Ophthalmol. 1901.
339. — La détermination de l'àcuité visuelle. Arch. d'Ophthalmol. 1903. S. 194.
340. — De la nécessité de l'unification des échelles optométriques. Ber. a. internat. Kongr. d. med. Wissensch. Madrid 1903.
341. — Acuité visuelle déterminée par les lettres. Arch. d'Ophthalmol. Bd. 22. 1903. S. 247.
342. — Opto-types simples. Compte rendu du Congres international de Lucerne, 1904.
343. — Bestimmung der Sehschärfe. Graefe-Saemisch, Handb. d. ges. Augenheilk. 2. Aufl. Bd. 4/1. Leipzig 1904 (Engelmann). S. 448—502.
344. — La détermination de l'acuité visuelle. Annal. d'Oculist. Bd. 131. 1904. S. 214.
345. — Sehproben. Reduzierte Tafel. St. Gallen. 1905 (Scheilin).
346. — Die Vereinheitlichung der Bestimmung der Sehschärfe. Zeitschr. f. Augenheilk. Bd. 13. 1905. S. 519—541.
347. — Formsinn und Sehschärfe. Arch. f. Augenheilk. Bd. 55. 1906. S. 219—222.
348. — Die Reform der Bestimmung der Sehschärfe. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 64/3. 1906. S. 598—611.
349. — L'entente sur la détermination de l'acuité visuelle. Arch. d'Ophthalmol. Paris. Bd. 29. 1909. S. 337—350.
350. — Opto-types simples. Compte rendu du Congrès international de Naples 1909.
351. — Myopie und Lichtsinn. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Bd. 47. N. F. 8. 1909. S. 369—381.
352. — Noch einmal die Sehprüfung. Arch. f. Augenheilk. Bd. 67. 1910. S. 36—44.
353. Langley, S. P., Good seeing. Amer. Journ. of Sc. Bd. 15. 1903. S. 89—91.
354. Lawford, J. B., Visuel tests for railway servants and mariners. Brit med. Journ. 1895. S. 641.
355. Lawson, A., Conditions of eyesight required for military service. Brit. med. Journ. Bd. 2. 1906. S. 1849—1851.
356. Lawson, R. W., Acuteness of vision. Med. Tim. and Gaz. Bd. 1. 1885. S. 593.

357. Leber, Th., Bemerkungen über die Sehschärfe hochgradig myopischer Augen vor und nach operativer Beseitigung der Linse. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 43/1. 1897. S. 218—251.
358. Lehmann, A., Versuch einer Erklärung des Einflusses des Gesichtswinkels auf die Auffassung von Licht und Farbe bei direktem Sehen. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 36. 1885. S. 580—639.
359. Lépinay, M. de, und W. Nicati, De l'acuité visuelle binoculaire. Bull. de la Soc. franç. d'Ophthalmol. 1884. S. 56.
360. Leroy, Optique physiologique. Vision centrale, irradiation et acuité visuelle. Arch. d'Ophthalmol. Bd. 2. 1882. S. 22.
361. Lewitzky, J. W., Über die Fähigkeit der Netzhautperipherie Bewegung zu unterscheiden. Memoiren d. k. Universität in Charkow. 1901.
362. Liebrecht, Kritische Bemerkungen zu Guillerys „Vorschlag zur Vereinfachung der Sehproben". Arch. f. Augenheilk Bd. 25. 1892. S. 37—41.
363. — Bemerkungen zu der „Berichtigung" Dr. Guillerys. Arch. f. Augenheilk., Bd. 35. 1897. S. 262.
364. Lindhal, C., Un cas d'acuité extraordinaire d'un oeil aphaque. Annal. d'Oculist. Bd. 132. 1904. S. 75.
365. Lindquist, S., En enhet för bestämningen af ljussinnets minimum perceptibile. Ups. Läkase fören. förh. 1906. S. 323.
(366.) Lipps, Raumästhetik und geometrisch optische Täuschungen. Leipzig 1897.
367. Lobanow, S., Zur Lehre vom Sehen in Zerstreuungskreisen und von der aphakischen Akkommodation. Wjestn. Ophthalmol. 1901.
368. Loeser, L., Über die Beziehungen zwischen Flächengröße und Reizwert leuchtender Objekte bei fovealer Beobachtung. Beitr. z. Augenheilk. Festschr. f. Hirschberg. 1905. S. 161.
369. — Das Verhalten der Sehschärfe in farbigem Lichte. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 69/3. 1909. S. 479—491.
370. Löhlein, W., und H. Gebb, Zur Frage der Sehschärfebestimmung. Ergebnisse der systematischen Untersuchung emmetropischer Augen. Arch. f. Augenheilk. Bd. 65. 1910. S. 69—97 u. 189—213.
371. — Erwiderung auf den Artikel des Herrn E. Landolt-Paris: „Noch einmal die Sehprüfung." Arch. f. Augenheilk. Bd. 68. 1911. S. 193—195.
372. Lohmann, W., Untersuchungen über Adaptation und ihre Bedeutung für Erkrankungen des Augenhintergrundes. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 65. 1907. S. 365—416.
373. Loria, S. Untersuchungen über das periphere Sehen. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. Bd. 40. 1905. S. 160.
374. Lotz, A., Internationale Sehprobentafel mit einfachsten Zeichen zur Bestimmung der Sehschärfe bei Nichtlesern und Kindern nach der Snellenschen Formel $V = \frac{d}{D}$. 1. Aufl. Basel 1889. (Sallmann und Bonacker.) 2. Aufl. Jena 1903 (Fischer).
375. Lowell, H., A time-saving addition to test-type cards. Arch. of Ophthalmol. Bd. 35. 1906. S. 428—429.

376. Luciano, Die neuen Optotypi von Landolt. Annal. di Ottalmol. 1900.
377. Lühl, C., Über die Häufigkeit des Astigmatismus und seine Beziehungen zur Sehschärfe. Dissert. Marburg 1909. 14 S.

378. Macé de Lepinay, W., und W. Nicati, Recherches sur la comparaison photométrique des diverses parties d'un même spectre. Annal. de Chim. et Phys. Bd. 24/5 1881 und Bd. 30/5. 1883.
379. — De l'acuité visuelle binoculaire. Bull. de la Societé franç. d'Ophthalmol. 1884. S. 56.
380. Mach, E., Über den physiologischen Effekt räumlich verteilter Lichtreize. II. Abhandl. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. z. Wien. Math.-Naturw. Kl. Bd. 54. Abt. 2. 1866. S. 131—144.
381. — Über den Einfluß räumlich und zeitlich variierender Lichtreize auf die Gesichtswahrnehmung. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. z. Wien. Math.-naturw. Kl. Bd. 115. Abt. 2 *a*). 1906. S. 633—648.
382. Maddox, R., On distant vision. Proc. of the Royal Soc. of London. Bd. 12. 1884. S. 433.
383. Magawly, Tafeln und Schriftproben zur Bestimmung der Sehschärfe. 2. Aufl. Petersburg 1893.
384. Manolescu, Recherches rélatives à l'étude de l'acuité visuelle; conditions de la visibilité des lignes et des points. Annal. d'Oculist. Bd. 83. 1880. S. 55—62.
385. Marri, E., Ricerche comparative intorno alla visibilità di Optotipi diversi. Annal. di Ottalmol. Bd. 35. 1906. S. 749.
386. — Sul principio del minimo separabile applicato a caratteri optotipici. Annal. di Ottalmol. 1908. fasc. 10—11.
387. — Ricerche sperimentali sulla determinazione dell' acuità visiva, e sul „minimum separabile" con optotipi; e circa il rapporto fra accomodamento relativo, e senso della terza dimensione nei monoculi. Ber. ü. d. XI. Internat. Kongr. f. Augenheilk. in Neapel. Arch. f. Augenheilk. Bd. 63. 1909. S. 327.
388. Maurel, Dimension minime de l'image rétinienne. Arch. de méd. nav. Bd. 21. 1879. S. 265—280.
389. — Appreciation de l'acuité visuelle. Annal. d'Oculist. Bd. 82. 1879. S. 100.
390. Mauthner, L., Vorlesungen über die optischen Fehler des Auges: Sehschärfe. Wien 1872.
391. — Die Funktionsprüfungen des Auges. Wiesbaden 1879 (Bergmann).
392. — Vorträge aus dem Gesamtgebiete der Augenheilkunde für Studierende und Ärzte. Sehschärfe S. 119—139. Wiesbaden 1881 (Bergmann).
393. Mayerhausen, G., Zifferntafeln zur Bestimmung der Sehschärfe nach der Snellenschen Formel $V = \frac{d}{D}$. 1. Aufl. 1882. 2. Aufl. 1904 Berlin (Peters).
394. — Über eine subjektive Erscheinung bei Betrachtung von Konturen. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 30/2. 1884. S. 191.

395. Mc Callie, J. M., The vision of the pupils of an elementary school tested by the Alphabet and Illiterate Cards. Psychol. Clin. Bd. 1. 1907. S. 185.

396. Merdas, M., Die erwerbliche Sehschärfe, ihre Untersuchung und Berechnung. Dissert. Breslau 1899.

397. Metzger, E., Far-sightedness. Nature. Bd. 31. 1885. S. 506.

398. Mitkiewitsch, G., Zur Frage über die Schärfe des zentralen Sehens und ihre Beziehung zu den Grenzen des Gesichtsfeldes in Augen verschiedener Brechbarkeit. Dissert. (Russisch.) Petersburg 1874.

399. — Schriftproben und Tafeln zur Untersuchung der Sehschärfe. (Russisch.) Odessa 1889.

400. Monoyer, F., Échelle typographique décimale pour mesurer l'acuité de la vue. Compt. rend. de l'Acad. des Sc. de Paris. Bd. 80. 1875. S. 1137.

401. Myers, Ch. S., The visual acuity of the natives of Sarawak. Journ. of Physiol. Bd. 28. 1902. S. 316—318.

402. Nagel, W. A., Sehschärfe und Netzhautbildgröße bei verschiedener Refraktion und bei verschiedenem optischem Bau des Auges. Graefe-Saemisch, Handb. d. ges. Augenheilk. 1. Aufl. Bd. 6/IV. Leipzig (Engelmann). 1880. S. 371—409.

403. — Stereoskopie und Tiefenwahrnehmung im Dämmerungssehen. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. Bd. 27. 1901. S. 264.

404. — Sehschärfe in farbigem Licht. Deutsche med. Wochenschr. Bd. 33. 1907. S. 2067.

405. — Methoden zur Erforschung des Licht- und Farbensinns. Handb. d. physiol. Methodik, herausgegeben von Tigerstedt. 3. Bd. 2. Abt. Sinnesphysiol. II. Leipzig 1909. 99 S.

406. Neuschuler, A., La perception de la couleur et l'acuité visuelle pour les caractères coloriés sur fonds gris variables. Arch. d'Ophthalmol. Bd. 19. 1899. S. 519.

407. Nicati W., Échelle physiologique de l'acuité visuelle. Applications à la photométrie et à la photo-esthésiométrie. Compt. rend. de l'Acad. des Sc. de Paris 16. Mai 1892.

408. — Échelles visuelles et leurs applications. Annal. d'Oculist. Bd. 111. 1894. S. 413.

409. — Commentaires à propos de l'entente sur la détermination dé l'acuité visuelle. Annal. d'Oculist. Paris. Bd. 142. 1909. S. 98—100.

(410.) Nicolai, G. F., Über den Gang der Dunkeladaptation und seine Abhängigkeit von der vorausgegangenen Belichtung. Zentralbl. f. Physiol. Bd. 21. 1907. S. 610—613.

411. Nieden, A., Schriftproben. Zentralbl. f. prakt. Augenheilk. 1882. S. 89.

412. — Schriftproben zur Bestimmung der Sehschärfe. 2. Aufl. 1883. 3. Aufl. 1899. Wiesbaden (Bergmann).

413. — Schrifttafeln zur Bestimmung der Sehschärfe für die Ferne. N. F. Wiesbaden 1889 (Bergmann).

414. Noischewsky, K. O., Historische und kritische Übersicht der Methoden der Sehschärfeprüfung. Wojenno med. Journ. Jan. 1910.
415. Nordman, G. A., Über die zur Hervorrufung einer Formenwahrnehmung erforderliche Reizdauer und ihre Abhängigkeit von verschiedenen Variabeln. Dissert. Helsingfors 1887.
416. Norrie, G., Sehproben für Seeleute. Nationallidendes Söfartlidende. 1892.

417. **O**barrio, P. de, Sur le maximum de l'acuité visuelle. Ber. d. 11. Kongr. internat. d'Ophtalmol. d'Utrecht 1899. S. 365—374.
418. — Maximum der Sehschärfe. Zeitschr. f. Augenheilk. Erg.-Bd. 1899. S. 72.
419. Oguchi, C., Experimentelle Studien über die Abhängigkeit der Sehschärfe von der Beleuchtungsintensität und der praktische Wert des Photometers von Höri. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 66/3. 1907. S. 455—476.
420. Oliver, C. A., A new series of metric test-letters for determining the acuity of direct vision for form. Transact. of the Amer. Ophthalmol. Soc. 1885. S. 130.
421. — A perfected series of test-type. Internat. Med. Mag. Bd. 6. 1897. S. 385 bis 386.
422. — Test card for the illiterate. Ophthalmol. Record. Bd. 16. 1907. S. 537 bis 538.
423. Oppenheimer, H., Eine Verbesserung des Rothschen Beleuchtungskastens für Sehproben. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. N. F. Bd. 7. 1909. S. 88.
424. Oppermann, A., Erste Untersuchung der Sehkraft der Augen bei den neueingeschulten Kindern. Zeitschr. f. Schulges.-Pflege. Bd. 18. 1905. S. 814—816.
425. Örum, H. P. T., Studien über die elementären Endorgane für die Farbenempfindung. Skandinav. Arch. f. Physiol. Bd. 16. 1904. S. 1—40.
426. Oughton, T., Minima visibilia and sensory circles. Lancet. Bd. 1. 1887. S. 301 u. 364.
427. Ovio, G., Effetto della prospettiva sulla forma e sulla grandezza della imagine. — Effetto della prospettiva sull' acutezza visiva. — Effetto della prospettiva sulla lettura. Ber. ü. d. 11. Internat. Kongr. f. Augenheilk. in Neapel. Arch. f. Augenheilk. Bd. 63. 1909. S. 336.
428. — Die Perspektive in ihren Beziehungen zur Sehschärfe und zum Lesen. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 75. 1910. S. 129—189.
429. — La prospettive nei suoi rapporti coll' acutezza visiva e colla lettura. Annal. di Ottalmol. Bd. 39. 1910. S. 231—331.
430. — Über den Sehwinkel. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. Physiol. Abt. 2. Bd. 45. 1910. S. 37—50.

431. **P**arent, H., Echelle optométrique. Compt. Rend. de la Soc. franç. d'Ophthalmol. Rev. gén. 1890. S. 229.
432. — Échelle optométrique. Arch. d'Ophthalmol. Bd. 15. 1895. S. 312—315.

433. Parinaud, H., Détermination numérique de l'acuité visuelle pour les couleurs et la lumière. Chromoptomètre. Annal. d'Oculist. Bd. 85. 1881. S. 113—134.
434. — Échelle optométrique, acuité visuelle, perception de la lumière et des couleurs. Paris 1888 (Roulot).
435. Pearson, K., Home conditions and eyesight. Brit. Med. Journ. Bd. 2. 1909. S. 138—140.
436. Péchin, A., De l'acuité visuelle au point de vue médico-légal. Progr. Med. 13. 1901. S. 177—179 u. Arch. d'Ophthalmol. Bd. 21. 1901. S. 135 bis 141.
437. Percival, A. S., and F. Twyman. The optics of acuteness of sight. Nature. Bd. 63. 1900. S. 82 u. 157.
438. Pergens, E., Historisches über Sehschärfebestimmung. Ber. d. ophthalmol. Sekt. d. internat. med. Kongr. in Paris. 1900. S. 375.
439. — Über Faktoren, welche das Erkennen von Sehproben beeinflussen. Arch. f. Augenheilk. Bd. 43. 1901. S. 144.
440. — Analyse der Landoltschen C-Figur zur Messung der Sehschärfe. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Bd. 40/2. 1902. S. 311.
441. — Über das Erkennen von C-Figuren bei verschiedenen Durchmessern und konstanter Öffnung. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Bd. 41. 1903. S. 112.
442. — Untersuchungen über das Sehen. Zeitschr. f. Augenheilk., Bd. 9. 1903. S. 256.
443. — Die Lesbarkeit der Druckbuchstaben. Ber. ü. d. 10. Internat. Ophthalmol. Kongr. in Luzern. 1904. Arch. f. Augenheilk. Bd. 51. 1905. S. 94.
444. — L'influence de la dimension et du nombre dans la mesure de l'acuité visuelle. Rev. Gén. d'Ophthalmol. Bd. 24. 1905. S. 385.
445. — Die ersten Leseproben in den Vereinigten Staaten Nordamerikas; die Dyer-Tafel. Janus. Bd. 8. 1906.
446. — Recherches sur l'acuité visuelle. Annal. d'Oculist. Bd. 135. 1906. S. 11, 123, 177, 204, 291, 402, 475.
447. — Recherches sur l'acuité visuelle. Annal. d'Oculist. Bd. 136. 1906. S. 123 bis 135, 204—228, 461—476.
448. — Recherches sur l'acuité visuelle. Annal. d'Oculist. Bd. 137. 1907. S. 292—310.
449. — Recherches sur l'acuité visuelle. Annal. d'Oculist. Bd. 138. 1907. S. 185—292.
450. — Recherches sur l'acuité visuelle. Annal. d'Oculist. Bd. 140. 1908. S. 188 bis 201, 430—441.
451. — Recherches sur l'acuité visuelle. Annal. d'Oculist. Bd. 143. 1910. S. 358—375.
452. — Recherches sur l'acuité visuelle. Annal. d'Oculist. Bd. 144. 1910. S. 16 bis 47.
453. Pergens, M. W., Examen de la vision élémentaire. Ber. ü. d. 11. Internat. Kongr. f. Augenheilk. in Neapel. Arch. f. Augenheilk. Bd. 63. 1909. S. 328.

454. Pfalz, Über die Beziehungen von Hornhauttrübungen zur Sehschärfe. Ber. ü. d. 35. Vers. d. Ophthalmol. Ges. zu Heidelberg. Arch. f. Augenheilk. Bd. 61. 1908. S. 263.
455. Pflüger, E., Optotypi. Ber. d. Berner Univ.-Augenklin. 1883. S. 75.
456. — Sehrpoben und Sehprüfung. Optotypi Pflüger. Ausg. f. Ärzte. 2. Aufl. Basel. 1896 (Sallmann)
457. — Sehproben-Optotypi und ihre Verwendung zur Prüfung der Sehschärfe der Schüler durch die Lehrerschaft sowie zur Messung des zum Unterricht notwendigen Beleuchtungsminimums der Schulzimmes. Basel 1896 (Sallmann).
458. — Methoden zur Bestimmung der Sehschärfe in der Nähe für hochgradige Kurzsichtigkeit. Zeitschr. f. Augenheilk. Erg.-Bd. 1899. S. 86.
459. — Sehschärfenbestimmungen in der Nähe für hochgradige Kurzsichtige. Ber. d. 11. Kongr. internat. d'Ophthalmol. d'Utrecht 1899. S. 235.
460. Pichler, A., Eine durchleuchtbare Taschensehprobe. Zeitschr. f. Augenheilk. Bd. 21. 1909. S. 520.
461. Posch, A., Über Sehschärfe und Beleuchtung. Arch. f. Augen- und Ohrenheilk. Bd. 5. 1876. S. 14—49.
462. Possek, R., Der Einfluß verschiedener Beleuchtungsstärken auf die Sehleistung des Emmetropen und Myopen. Arch. f. Hyg. Bd. 60. 1907. S. 144—174.
463. Pouchet, Note sur les moindres images rétiniennes. Gaz. méd. de Paris 1879. Nr. 39. — Soc. de Biol. 12. Juli 1879. — Gaz. Hebd. 1879. S. 463.
464. Praun, E., Tafeln zur Bestimmung der Sehschärfe mittels der Uhr. Wiesbaden 1901 (Bergmann).
465. Pray, Probebuchstaben zur Prüfung des Astigmatismus. Arch. f. Augen- u. Ohrenheilk. Bd. 1. 1870. S. 147.
466. Presas, J., Nueva escala optométrica y chromofotométrica. Arch. d. Ophthalmol. hispano-amer. Bd. 1/2. 1901. S. 49.
467. — Modification à l'échelle optométrique décimale présentée au Congrès international de Madrid de 1903. Annal. d'Oculist. Bd. 140. 1908. S. 264.
468. Pütter, A., Organologie des Auges. Sehschärfe. Graefe-Saemisch, Handb. d. ges. Augenheilk. 2. Aufl. Bd. 2/1. Leipzig 1908. S. 370—378.

469. Rand Capron, J., Civilisation and eyesight. Nature. Bd. 31. 1885. S. 359.
470. Randall, B. A., The real principle of test-type construction. Amer. Journ. of Ophthalmol. Bd. 22. 1905. S. 77—82.
471. Ranke, Über die Sehschärfe der Indianer. Zentralbl. f. Anthropologie. Bd. 2. 1879. S. 342.
472. Rayleigh, Lord, Civilisation and eyesight. Nature. Bd. 31. 1885. S. 340.
473. Rayleigh, Lord, und G. B. Buckton, Civilisation and eyesight. Nature. Bd. 31. 1885. S. 407—408.
474. Reche, Einige Bemerkungen zur Messung der Sehschärfe. Arch. f. Augenheilk. Bd. 36. 1897. S. 143—159.
475. — Mesure de l'acuité visuelle. Annal. d'Oculist. Bd. 127. 1903. S. 72.

476. Regéczy, E., Über das periphere Sehen. (Magyarisch.) Orvosi Hetilop. Nr. 22 u. 26. 1876.
477. Reich, M., Tafel von verschiedenen Zeichnungen für die Untersuchung der Sehschärfe bei Leuten, die keine Buchstaben kennen. Milit. med. Zeitschr. S. Petersburg. Bd. 12. 1870 (Russisch).
478. — Einiges über die Augen der Armenier und Georgier. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 24. 1878. S. 231—238.
479. — Über die Sehschärfe bei den Georgiern. Zentralbl. f. prakt. Augenheilk. Bd. 3. 1879. S. 301—302.
480. — Nouveaux test-types pour la determination de l'acuité visuelle. (Russisch.) 5. Aufl. Tiflis 1890.
481. Reichenbach, H., Über den Einfluß der Farbe künstlicher Lichtquellen auf die Sehschärfe. Zeitschr. f. Hyg. Bd. 41. 1902. S. 257—271.
482. Reimar, M., Transparente Sehproben und Projektionsdemonstrationstafeln. Arch. f. Augenheilk. Bd. 44. 1902. S. 352—358.
483. Reymond, C., Appareil simple pour la détermination des rapports de l'éclairage avec l'acuité visuelle. Annal. d'Oculist. Bd. 132. 1904. S. 388.
484. Ricchi, G., Acutezza visiva fisiologica ed acutezza visiva professionale. Annal. di Ottalmol. Pavia. Bd. 37. 1908. S. 78—85.
485. Riccò, A., Relazione fra il minimo angolo visuale e l'intensità luminosa. Annal. di Ottalmol. Bd. 6. 1877. S. 3.
486. — Über die Beziehungen zwischen dem kleinsten Sehwinkel und der Lichtintensität. Zentralbl. f. prakt. Augenheilk. 1877. S. 122—126.
487. — Sopra un fenomeno soggetivo di visione. Annal. di Ottalmol. Bd. 6. 1877. S. 547.
488. Rivers, Acuité visuelle des peuples civilisés et des sauvages. Annal. d'Oculist. Bd. 132. 1904. S. 455.
489. Roberts, Ch., Civilisation and eyesight. Nature. Bd. 31. 1885. S. 552—553.
490. — Education and eyesight. Med. Tim. and Gaz. Bd. 1. 1885. S. 173.
491. Rönne, H., Gesichtsfeldstudien über das Verhältnis zwischen der peripheren Sehschärfe und dem Farbensinn, speziell die Bedeutung derselben für die Prognose der Sehnervenatrophie. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Bd. 49. 1911. S. 154—184.
492. Rosenthal, J., Über Beleuchtung und den Zusammenhang derselben mit der Sehschärfe. Tagebl. d. 59. Vers. deutscher Naturf. u. Ärzte in Berlin. 1886. S. 416.
493. Roth, A., Ein neuer Sehproben-Beleuchtungsapparat. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Bd. 35. 1897. S. 281—282.
494. — Sehproben, nach Snellens Prinzip entworfen. — Sehprüfungen. 2. Aufl. Berlin 1899. (Enslin).
495. — Sehprüfungen. Beispiele nebst Fragen und Antworten, ein Unterrichts- und Lernbehelf. 3. Aufl. Leipzig 1906 (Thieme).
496. — Verwechselungs-Sehproben. 2 Tafeln mit einer Textbeilage. Leipzig 1906 (Thieme).
497. — Sehproben, n. Snellens Prinzip entworfen. T. I u. II. Leipzig 1909 (Thieme).

498. Rothenaicher, Sehprüfungsscheiben mit einzelnen einstellbaren Landoltschen Sehproben. St. Gallen 1905 (Hausmann).

499. Ruediger, W. C., The field of distinct vision. With special reference to individual differences and their correlations. Arch. of Psychol. 1907. New York (Woodworth).

500. Ruppert, L., Ein Vergleich zwischen dem Distinktionsvermögen und der Bewegungsempfindlichkeit der Netzhautperipherie. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. Abt. 2. Bd. 42. 1908. S. 409—423.

501. **S**alzer, Über die Anzahl der Sehnervenfasern und der Retinalzapfen im Auge des Menschen. Wiener Ber. Bd. 81/3. 1880.

502. — Sehschärfe. Dissert. Wien 1881.

503. Salzmann, M., Das Sehen in Zerstreuungskreisen. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 39. Abt. 2. 1894. S. 83 u. Bd. 40, Abt. 5. 1894. S. 102.

504. — Das Sehen in Zerstreuungskreisen und die scheinbare Akkommodation der Aphakischen insbesondere. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 49. 1899. S. 168 bis 189.

505. Saskewitsch, Einige Fälle außerordentlicher Sehschärfe. Wratsch. Nr. 1. 1883.

506. Schadow, G., Die Lichtempfindlichkeit der peripheren Netzhautteile im Verhältnis zu deren Raum- und Farbensinn. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 19. 1879. S. 439—461.

507. — Die Augen der Schulkinder Borkums. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. 1883. S. 150.

508. Schanz, Fr., Über die Zunahme der Sehschärfe bei der operativen Beseitigung hochgradiger Kurzsichtigkeit. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 41/1. 1895. S. 109—118.

509. Schapringer, An improvement in the arrangement of Snellens testtypes. Med. Rec. New York. Bd. 23/3. 1883. S. 73.

510. Schenk, F., Einige neuere Arbeiten zur Theorie der Sehschärfe. Kritisches Sammelreferat. Zeitschr. f. Augenheilk. Bd. 1. 1899. S. 377—395.

511. — Dioptrik und Akkommodation des Auges. Nagel, Handb. d. Physiol. d. Menschen. Bd. 3. 1905. S. 30—90.

512. Scherer, A., Untersuchungen über die Anforderungen an Sehschärfe und Refraktion der Infanterie. Zeitschr. f. Augenheilk. Bd. 26. 1911. S. 191 u. S. 295.

513. Schmidt, H., Kurze Anleitung zur Untersuchung der Refraktion, Akkommodation und Sehschärfe. Marburg 1872.

514. Schmidt-Rimpler, H., Über Sehstörungen bei Hornhaut- und Linsentrübungen und ihre Behandlung. Deutsche med. Wochenschr. Jahrg. 30. Nr. 48. Leipzig 1904. S. 1762—1764.

515. Schneller, Eine praktische Methode, Sehschärfe und Gesichtsfeld bei herabgesetztem Licht zu prüfen. Tagebl. d. Vers. deutscher Naturf. u. Ärzte in Danzig. 1880. S. 253.

516. Schneller, Sehproben zur Bestimmung der Refraktion, Sehschärfe und Akkommodation. Danzig 1892. (Kafemann)
517. Schoute, G. J., Der Netzhautzapfen in seiner Funktion als Endorgan. Zeitschr. f. Augenheilk. Bd. 8. 1902. S. 419.
518. — Het Waarnemingsvermogen met een enhelen Netvlieskegel. Nederl. Tydschr. v. Geneeskunde, Deel II. 1902.
519. — Die Taschen-Optotypen von Landolt. Zeitschr. f. Augenheilk. 1902. S. 151—155.
520. — Les optotypes portatifs du Dr. Landolt. Arch. d'Ophthalmol. Bd. 22. 1902. S. 242.
521. — Het verband tusschen lichtsterke en refractie. Nederl. Tydschr. v. Geneesk. Bd. I. 1903. S. 387 und 408.
522. Schuh, J., Sehprobe zur Konstatierung von Simulation. Schliersee 1897 (Finsterlin).
523. Schweigger, C., Sehproben. 1. Aufl. 1876. 2. Aufl. 1890. 3. Aufl. 1895. Berlin (Hirschwald).
524. Scott, K., The accuracy requisite in vision testing. Arch. of Ophthalmol. Bd. 32. 1903. S. 121—129.
525. Seggel, K., Über genaue Bestimmung der Sehschärfe und die Klassifizierung einseitiger Amblyopien. Deutsche militärärztl. Zeitschr. Bd. 6. 1877. S. 153.
526. — Über die Augen der Feuerländer und das Sehen der Naturvölker im Verhältnis zu dem der Kulturvölker. Arch. f. Anthropol. Bd. 14. 1883. S. 3.
527. — Über normale Sehschärfe und die Beziehungen der Sehschärfe zur Refraktion. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 30/2. 1884. S. 69—140.
528. — Sehprobentafeln zur Prüfung des Lichtsinns. Ber. ü. d. 19. Vers. d. ophthalmol. Ges. z. Heidelberg. 1887. S. 202 u. München 1888.
529. — Über den Einfluß der Beleuchtung auf die Sehschärfe und die Entstehung von Kurzsichtigkeit. Münchener med. Wochenschr. Bd. 44. 1907. S. 1011—1014.
530. Seitz, R., Visuskurven. Arch. f. Augenheilk. Bd. 60. 1908. S. 58.
531. Seligmann, S., Ein Apparat zur Prüfung der Sehschärfe. Zeitschr. f. Augenheilk. Bd. 17. 1907. S. 156—162.
532. Shaw Page, A., Long sight. Nature Bd. 31. 1885. S. 103.
533. Siklossy, J. v., Über die Vereinfachung der Sehschärfebestimmung. Budapest 1904.
534. — Acuitas-Tafeln. (Ber. ü. d. I. Vers. d. ungar. ophthalmol. Ges. in Budapest.) Zeitschr. f. Augenheilk. Bd. 14. 1905. S. 356—360.
535. — Über die Sehschärfe des menschlichen Auges. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Bd. 43. 1905. S. 121—262.
536. — Über die sogenannte „normale" Sehschärfe. (Ber. d. I. Vers. d. ungar. ophthalmol. Ges. Budapest.) Zeitschr. f. Augenheilk. Bd. 14. 1905. S. 339—341.

537. Siklossy, J. v., Über Sehproben und über die Bestimmung der Sehschärfe. Ber. ü. d. 16. Internat. med. Kongr. zu Budapest 1909. Arch. f. Augenheilk. Bd. 65. 1910. S. 248.

538. Silfvast, J., Über die Sehschärfe für verschiedene Farben im Zentrum der Retina. Skandinav. Arch. f. Physiol. Bd. 20. 1908. S. 412—422.

539. Simon, R., Über Fixation im Dämmerungssehen. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. Bd. 36. 1904. S. 186.

540. Sivén, V. O., Studien über die Stäbchen und Zapfen der Netzhaut als Vermittler von Farbenempfindungen. Skandinav. Arch. f. Physiol. Bd. 17. 1905. S. 306—388.

541. Smee, A., The eye in health and disease. London 1854. 70 S.

542. Smith, F. R., The developpment of the test-card. Cleveland med. Gaz. 1896.

543. Snellen, H., Letterproeven to bepaling der gezigtsscherpte. Utrecht 1862. 1. Aufl., Ausgabe: holländisch, deutsch, englisch, französisch, italienisch.

544. — Deutsche Ausgabe. Berlin 1862. 1. Aufl. (Peters); mit gotischen Lettern 1868. 4. Aufl.

545. — Spanische Ausgabe. Utrecht 1868.

546. — Russische Lettertafel. Utrecht 1868.

547. — Optotypi ad visum determinandum secundum formulam $V = \frac{d}{D}$. Berlin. 1. Aufl. 1875 (Peters). 13. Aufl. 1896.

548. — Notes on vision and retinal perception. Bowman Lecture of the Ophthalmol. Rev. 1896. S. 164.

549. — Norris and Olivers System of diseases of the eye. Bd. 2. 1897. S. 15.

550. — Optotypi ad visum determinandum secundum formulam $V = \frac{d}{D}$. (E. H. Snellen jun.) Bd. 21. Probebuchstaben zur Bestimmung der Sehschärfe. IV. S. 28 Bl. u. 10 Taf. Stettin 1908 (Peters).

551. Snellen, H., und E. Landolt, Die Funktionsprüfungen des Auges. Graefe-Saemisch, Handb. d. ges. Augenheilk. 1. Aufl. Bd. 3. 1874. S. 1—248.

552. Sons, Influence de l'éclairage sur l'acuité de la vision. Le Bordeaux med. 1878. Nr. 28.

553. Starkie-Gardner, J., Far-sightedness. Nature Bd. 31. 1885. S. 578.

554. Steiger, A., Einheitliche Sehproben zur Untersuchung der Sehschärfe in die Ferne und in die Nähe. Hamburg u. Leipzig 1892 (Voss). Beiträge z. Augenheilk. 1892. H. 7. S. 65.

555. — Untersuchungen über die Sehschärfe und Treffsicherheit. Korrespondenzbl. f. Schweizer Ärzte. Bd. 30. 1900.

556. — Sehschärfe und Astigmatismus. Arch. f. Augenheilk. Bd. 44. Erg.-H. 1901. S. 15—30.

557. — Acuteness of vision and astigmatism. Arch. of Ophthalmol. Bd. 31. 1902. S. 460—465.

558. Stettler, K., Hat der Flächeninhalt der Probebuchstaben Einfluß auf das Ergebnis der Sehschärfenmessung? Deutschmanns Beitr z. Augenheilk. 1895. H. 18.

559. Stevens, H. C., Peculiarities of peripheral vision. Psychol. Rev. Bd. 15. 1908. S. 69—93 u. S. 373—390.
560. Stilling, J., und H. Landolt, Über die Beziehungen des Lichtsinns zur Refraktion. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Bd. 46. 1908. S. 490.
561. Stoney, G. J., On the limits of vision: with special reference to the vision of insects. Philos. Mag. Bd. 37. 1894. S. 316—331.
562. Stratton, G. M., A new determination of the minimum visibile and ist bearing on localization and binocular depht. Psychol. Review. Bd. 7. 1900. S. 429.
563. Straub, Proefletters. Brill. Leyden 1893.
564. Striedinger, Statistical sanitary and medical reports. 1860.
565. Sulzer, A., Quelques remarques sur la mesure de l'acuité visuelle. Annal. d'Oculist. Bd. 121. 1899. S. 443.
566. — 5 mémoires sur l'acuité visuelle. Clin. Ophthalmol. Bd. 7. 1901. S. 58—60.
567. — De l'unité de mesure de l'acuité visuelle. Clin. Ophthalmol. Bd. 7. 1901. S. 345.
568. — De l'acuité visuelle au point de vue médico-légal et au point de vue des compagnies d'assurance. Annal. d'Oculist. Bd. 125. 1901. S. 91—100.
569. — De l'acuité visuelle dans ses rapports avec l'incapacité de travail. Annal. d'Oculist. Bd. 131. 1904. S. 382.
570. — Bestimmung des Wertes eines verlorenen oder geschädigten Auges im Hinblick auf die Entschädigungsfrage. I. Die Messung der Sehschärfe und ihre einheitliche Gestaltung, usw. Ber. ü. d. X. Internat. Ophthalmol. Kongr. in Luzern 1904. Arch. f. Augenheilk. Bd. 51. 1905. S. 59—62.
571. Symens, H., Neuer Apparat zur Sehprüfung und Entlarvung von Simulanten. Deutsche militärärztl. Zeitschr. 1901. S. 662—667.

572. Talko, S. J., Ein Fall von außerordentlicher Sehschärfe. Ber. ü. d. 12. Vers. d. ophthalmol. Ges. zu Heidelberg. 1879. S. 114.
573. — Resultate der Bemessungen der Sehschärfe bei den Soldaten des Warschauer Militärbezirks. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Bd. 18. 1880. S. 139.
574. — Die Sehschärfe des Auges während der vollkommenen Sonnenfinsternis untersucht. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. 1888. S. 481.
575. Tennant, J. F., S. Lupton, Lord Raygleih and A. Cummingham. Civilisation and eyesight. Nature. Bd. 31. 1885. S. 457.
576. Terson, A., Nouvelle échelle pour l'examen visuel de la simulation. Soc. d'Ophthalmol. de Paris 1909.
577. Thorington, Bracket for test cards. Amer. Journ. of Ophthalmol. 1896. S. 88.
578. Thorner, W., Die Grenzen der Sehschärfe. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk., Bd. 48. N. F. 9. 1910. S. 590—607.
579. — Über Sehprüfungen und die Grenze der Sehschärfe. Med. Klinik. Jahrg. 7. 1911. S. 417—419.
580. Tölle, F., Über Sehschärfe und deren Bestimmung. Dissert. Erlangen 1904.

581. Treitel, T., Über Hemeralopie und Prüfungen des Lichtsinns. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 31/1. 1885. S. 139.
582. Triepel, H., Über Sehleistung bei Myopie. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 40/5. 1894. S. 50—101.
583. — Zur Sehleistung der Myopen. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 41/3. 1895. S. 139.
584. Truc, Valeur pratique de l'acuité visuelle 0·1 comme limite superieure de la cécité. Soc. franç. d'Ophthalmol. 1904. S. 134.
585. Tschemollossow, Einfluß seitlicher Beleuchtung auf Veränderung der zentralen Sehschärfe. Westn. Ophthalmol. 1904. Nr. 2. u. Annal. d'Oculist. Bd. 132. 1904. S. 303.
586. Tschermak, A., Die Helldunkeladaptation des Auges und die Funktion der Stäbchen und Zapfen. Asher u. Spiro, Ergebnisse der Physiologie. Jahrg. 1. Abt. 2. Wiesbaden 1902 (Bergmann). S. 695—800.
(587.) — Über Kontrast und Irradiation. Asher u. Spiro, Ergebnisse der Physiologie. Jahrg. 2. Abt. 2. Wiesbaden 1903 (Bergmann). S. 726—798.
588. Twining, A. C., The relation of illumination to magnifying power, when visibility is maintained. 1858.

589. Uhthoff, W., Über das Verhältnis der Sehschärfe zur Beleuchtungsintensität. Verhandl. d. physiol. Ges. zu Berlin. Du Bois Arch. f. Physiol. 1885. S. 231.
590. — Über das Abhängigkeitsverhältnis der Sehschärfe von der Beleuchtungsintensität. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 32/1. 1886. S. 171—204.
591. — Weitere Untersuchungen über die Abhängigkeit der Sehschärfe von der Intensität sowie von der Wellenlänge im Spektrum. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 36/1. 1890. S. 33—61.
592. — Über die kleinsten wahrnehmbaren Gesichtswinkel in den verschiedenen Teilen des Spektrums. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. Bd. 1. 1890. S. 155—160.
593. — Über die Beeinflussung des zentralen Sehens durch seitliche Blendung. Ber. d. XI. Kongr. internat. d'Ophthalmol. d'Utrecht 1899. S. 325—336.
594. — Beeinflussung des zentralen Sehens durch seitliche Blendung der Netzhaut. Zeitschr. f. Augenheilk. Erg.-H. 1899. S. 67.
(595.) — Ein Beitrag zur kongenitalen totalen Farbenblindheit. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. Bd. 20. 1899. S. 326—352.

596. Valerius, H., Beschreibung eines Verfahrens zur Messung der Vorzüge des binokularen Sehens gegen das monokulare, in betreff sowohl der Helligkeit als der Deutlichkeit. Poggendorfers Annal. Bd. 150. 1873. S. 317—324.
597. — Description d'un procédé pour mesurer l'avantage de la vision binoculaire sur la vision au moyen d'un seul oeil quant à l'éclat ou à la clarté des objets. Bull. de l'Acad. roy. de Belgique. 2. sér. Bd. 34. S. 34—43.
598. Vaney, L'acuité visuelle et le développement intellectuel. Bull. soc. libre ét. psychol. de l'enfant. Bd. 7. 1907. S. 64—66.

599. Vierordt, H., Über die Messungen der Sehschärfe. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 9/1. 1863. S. 161.
600. — Über die Messung der Sehschärfe. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 9/3. 1863. S. 219—223.
601. Volkmann, A. W., Physiologische Untersuchungen im Gebiete der Optik. I. H. Leipzig 1863 (Breitkopf u. Härtel). 268 S.
602. — Zur Entscheidung der Frage, ob die Zapfen der Netzhaut als Raumelemente beim Sehen fungieren. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1865. S. 395—403.
603. — Weitere Untersuchungen über die Frage, ob die Zapfen der Netzhaut als Raumelemente beim Sehen fungieren. Reicherts u. Dubois Arch. 1866. S. 649.
604. Vroesom de Haan, J., Onderzoekingen naar den invloed van den leeftyd op de gezigtsscherpte. Ned. Gasthuis voor Ooglyders. Utrecht 1862. S. 229.

605. Wächter, F., Über die Grenzen des telestereoskopischen Sehens. Sitzungsbericht d. Wiener Akad. d. Wissensch. Bd. 105. Abt. 2 *a*). 1896. S. 856.
606. Weber, E. H., Über den Raumsinn und die Empfindungskreise in der Haut und im Auge. Verhandl. d. sächs. Ges. 1852. S. 145.
(607.) Weber, L., Die photometrische Vergleichung ungleichfarbiger Lichtquellen. Elektrotechn. Zeitschr. 1884.
608. Wecker, L. de, Échelle métrique pour mesurer l'acuité visuelle. Paris 1877 (Doin).
609. Wecker L. de,, et E. Landolt, Traité complet d'ophthalmologie. 1883.
610. Wecker, L. de, und J. Masselon. Échelle métrique pour mesurer l'acuité visuelle, le sens chromatique et le sens lumineux. 2. Aufl. 1886. 3. Aufl. 1889. Paris (Doin).
611. Weiß, G., Du pouvoir séparateur de l'oeil. Paris 1889 (Pichon).
612. Weiß, L., Sehprobetafeln zur Bestimmung der Sehschärfe für die Ferne. Wiesbaden 1895 (Bergmann).
613. Weiß, R., Einfache Sehprobenvorrichtung. Wiener klin. Rundschau. 1903. S. 762.
614. Wertheim, Th., Die Zahl der Seheinheiten in der Umgebung der Fovea. Tagebl. d. 59. Vers. d. Naturf. u. Ärzte in Berlin. 1886. S. 418.
615. — Über die Zahl der Seheinheiten im mittleren Teile der Netzhaut. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 33/2. 1887. S. 137.
616. — Über die indirekte Sehschärfe. Zeitschr. f. Psychol. Bd. 7. 1894. S. 177 bis 187.
617. Williams, C. H., Examination of the acuteness of vision. Journ. of Amer. Med. Assoc. 1899.
618. — Standard test-types. 1899.
619. — A more uniform standart for the illumination of visual test-types. Journ. of Amer. Med. Ass. Bd. 46. 1906. S. 1898—1902.
620. Woinow, M., Zur Bestimmung der Sehschärfe bei Ametropie. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 15/2. 1869. S. 144—154.

621. Woinow, M., Zur Lehre über den Einfluß der optischen Gläser auf die Sehschärfe. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 18/1. 1872. S. 349.
622. Wolff, H., Bemerkungen zu der Arbeit „Über die Abhängigkeit der Pupillarreaktion von Ort und Ausdehnung der gereizten Netzhautfläche" von G. Abelsdorff und H. Feilchenfeld. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. Bd. 36. 1904. S. 93.
623. Wolffberg, L., Über die Prüfung des Lichtsinns. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 31/1. 1885. S. 1—78.
624. — Relieftafeln zur Prüfung der Sehschärfe, zur Kontrolle der Beleuchtungsintensität und zu diagnostischen Zwecken. Vorläuf. Mitteil. Breslau 1889 (Preuß u. Jünger). 7 S.
625. — Buchstaben-, Zahlen- und Bildertafeln nebst einer Abhandlung über die Sehschärfe. Breslau 1892 (Preuß u. Jünger).
626. — Über die Funktionsprüfungen des Auges. Arch. f. Augenheilk. Bd. 26. 1893. S. 158—168.
627. — Noch einmal die internationalen Sehproben, insbesondere Landolts Stellung zu denselben. Wochenschr. f. Ther. u. Hyg. des Auges. Bd. 14. 1910.
628. — Analytische Studien an Buchstaben und Zahlen zum Zweck ihrer Verwertung für Sehschärfeprüfungen. Arch. f. Ophthalmol. Bd. 77. 1910. S. 409—475.
(629.) Wolfrum, Untersuchungen über die Macula lutea der höheren Säugetiere. Ber. ü. d. 35. Vers. d. ophthalmol. Ges. zu Heidelberg. Arch. f. Augenheilkunde. Bd. 61. 1908. S. 293.
630. Wood, Ophthalmic test-types and color-blindness-tests. New York 1880 (Wood u. Co.).
631. Wülfing, Über den kleinsten Gesichtswinkel. Zeitschr. f. Biol. Bd. 29. N. F. Bd. 9. S. 109. 1893.

632. Zoth, O., Raumsinn und Sehschärfe. W. Nagel, Handb. d. Physiol. d. Menschen. Bd. 3. 1905. S. 336—356.